

Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені Ігоря Сікорського»

МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра технології машинобудування
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
_____ **Ю.В.Петраков**
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ____ ” _____ 20__ р.

Магістерська
дисертація на здобуття
ступеня магістра

зі спеціальності **131. Прикладна механіка**

(код і назва спеціальності)

на тему: Автоматизований синтез конструкцій захватних пристроїв промислових
роботів

Виконав: студент ____ курсу, групи _____

Симоненко Анна Григорівна

(підпис)

Науковий керівник Лапковський Сергій Вікторович

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ – 2019 року

РЕФЕРАТ

Симоненко А. Г. Автоматизований синтез конструкцій захватних пристроїв промислових роботів: магістерська дис.: 131. Прикладна механіка. Технології машинобудування/ Симоненко Анна Григорівна. — Київ, 2019. — 97с.

Магістерська дисертація містить 97 сторінок, 32 рисунка, 30 таблиць, 24 формули, 17 літературних джерел.

Актуальність теми: до теперішнього часу сучасний аспект промислового виробництва характеризується нерівномірністю насичення рівнів автоматизації парку технологічного устаткування і автоматизації праці, переважанням в номенклатурі здебільшого виробів дрібносерійного виробництва, швидким моральним старінням традиційних систем автоматизації виробництва при тривалих термінах і високих витратах освоєння ними нової продукції і технології, принциповою неможливістю використання традиційних засобів автоматизації технологічних операцій в дрібносерійному виробництві, необхідністю докорінної перебудови в організації виробництва при переході на нову продукцію, а також вирішення задачі вибору основного технологічного обладнання ще недостатньо відпрацьований.

Метою та задачами дослідження є синтез досліджень особливостей технологічного обладнання роботизованого виробництва, автоматизація вибору і проектування конструкцій захватних пристроїв промислових роботів в технологічному середовищі виробництва.

Об'єктом дослідження є захватні пристрої промислових роботів.

Предметом дослідження є технічні параметри конструкцій захватних пристроїв промислових роботів.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні **задачі**:

— здійснити огляд літературних джерел у яких формулюються основи цілісності конструкцій захватних пристроїв технологічного середовища виробництва із застосуванням промислових роботів;

— розробка методологічних основ синтезу конструкцій захватних пристроїв в залежності від конструктивних особливостей об'єкту маніпулювання;

— розробити елементи САПР для синтезу конструкцій захватних пристроїв.

Наукова новизна одержаних результатів:

— Виконана адаптація методики розрахунку параметрів механічних захватних пристроїв промислових роботів для автоматизованого розрахунку.

— Розроблено програмне забезпечення модуля САПР для САЕ-системи технологічного оснащення роботів.

— Розроблений модуль САПР механічних захоплень який дозволить істотно підвищити продуктивність праці інженерів-конструкторів та технологічного оснащення промислових роботів.

За темою магістерської дисертації була опублікована стаття на Всеукраїнській науково-технічній конференції молодих вчених та студентів «Інновації молоді - машинобудуванню» Секція "Машинобудування".

ПРОМИСЛОВИЙ РОБОТ, ЗАХВАТНИЙ ПРИСТРІЙ, АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ, ВИМОГИ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ, ДОТИЧНІ НАПРУГИ, ЗАТИСКНІ ГУБКИ, ПАРАМЕТРИ ВХІДНИХ ДАНИХ, ТИПОВІ КОНСТРУКЦІЇ, УТРИМАННЯ ОБ'ЄКТУ.

SUMMARY

The master's thesis contains 99 pages, 32 figures, 30 tables, 24 formulas, 17 literary sources.

The relevance of the topic to date modern aspect of industrial production is uneven saturation levels of automation of old machinery and automation of labor, the predominance in the nomenclature of the main products of small-scale production, the rapid obsolescence of traditional systems of production automation in a lengthy time and high costs of development of new products and technologies, the fundamental impossibility of using the traditional means of automation of technological operations in small scale production, the need for radical restructuring in the organization of production during the transition to new products, as well as the solution of the problem of choosing the main technological equipment is not yet sufficiently worked out.

The aim and objectives of the study is the synthesis of research features of technological equipment of robotic production, automation of selection and design of structures of external devices of industrial robots in the technological environment of production.

The object of the study is the gripping devices of industrial robots.

The subject of the study is the technical parameters of the designs of gripping devices of industrial robots.

To achieve this goal, the following tasks must be solved:

- to carry out the review of the literature sources in which bases of integrity of designs of external devices of technological environment of production with application of industrial robots are formulated;
- development of methodological bases of synthesis of designs of gripping devices depending on design features of object of manipulation;
- to develop CAD elements for synthesis of designs of gripping devices.

Scientific novelty of the results:

- The method of calculation of parameters of mechanical gripping devices of industrial robots for automated calculation is adapted.

- The software of the CAD module for CAE-system of technological equipment of robots is developed.
- Developed a CAD module of mechanical grips which will allow significantly increase the productivity of design engineers and technological equipment of industrial robots.

The topic of the master's thesis was published in the article of the all-Ukrainian scientific and technical conference of young scientists and students " Innovations of youth-mechanical engineering "section"mechanical engineering".

INDUSTRIAL ROBOT, GRIPPER, COMPUTER-AIDED DESIGN, REQUIREMENTS, OPERATION, TANGENTIAL STRESSES, CLAMPING JAWS, INPUT PARAMETERS, STANDARD DESIGNS, OBJECT CONTENT.

ВСТУП

За останні десятиріччя автоматизація основних технологічних операцій (формоутворення та зміна фізичних властивостей деталей) досягла такого рівня, що допоміжні операції, пов'язані з транспортування і складуванням деталей, розвантаженням і завантаженням технологічного обладнання (ТО), виконували вручну або за допомогою існуючих засобів механізації та автоматизації, гальмують як підвищення продуктивності праці, так і в подальшому удосконалення технології. Звичайними методами, користуючись існуючими технічними засобами, неможливо автоматизувати складальні, зварювальні, фарбувальні й інші операції. Все це призвело до загострення протиріччя між досконалістю промислової техніки та характером праці при її використанні, потрібною якістю трудових ресурсів, вимогами інтенсифікації виробничих процесів.

Ці причини стали основними стримуючими факторами розвитку виробництва і подальшого підвищення продуктивності праці, а також сучасні досягнення у створенні знарядь виробництва, обчислювальної техніки та електроніки зумовили бурхливий розвиток робототехніки – галузі, яка створила і виробляє новий різновид автоматичних машин – промислові роботи (ПР). За задумом створювачів ці машини призначені для заміни людини на небезпечних щодо її здоров'я, фізично тяжких і стомливих одноманітних ручних операціях. Свою назву вони дістали завдяки реалізованій в них ідеї моделювання рушійних, керуючих і, в деякій мірі, пристосовуваних функцій робітників, які використовуються на повторюваних операціях, пов'язаних із завантаженням-розвантаженням ТО та керуванням його роботою, між операційним переміщенням і складуванням деталей, а також на різноманітних складальних, зварювальних, фарбувальних та інших операціях, які виконуються із застосуванням переносних знарядь праці.

Таким чином, ПР виявилися тією відсутньою ланкою, поява якої дала змогу

розв'язувати задачі комплексної автоматизації на більш високому рівні, об'єднуючи засоби виробництва підприємств у єдиний автоматизований комплекс.

Найближчими за призначенням прототипами ПР стали автооператори та механічні руки, що давно вже використовуються в промисловості, але не задовольняють її вимоги через вузьку спеціалізацію, слабку переналагоджуваність, невелику кількість виконуваних функцій та обмежену (масовим і великосерійним виробництвом) галузь застосування. Ці недоліки, які властиві зазначеним прототипам, у конструкціях ПР були в значній мірі усунені завдяки збільшенню маніпуляційних можливостей останніх, наділенню їх власною системою приводів та системою програмного керування. Створені при цьому пристрої дістали якісно нові властивості: автономність у розумінні невбудованості в ТО і здатність працювати автоматично за заданою програмою; універсальність, тобто здатність переміщувати в просторі об'єкти різноманітного типу по складних просторових траєкторіях; сполученість з досить великою кількістю типів ТО та добру переналагоджуваність на різноманітні види робіт, які поступаються одна одній.

Таким чином, робототехніка в широкому змісті — один з важливих компонентів синтезу сучасних автоматизованих виробничих систем для багатьох галузей господарства. ПР приєднуються до автоматизованих технологічних ліній, завершуючи комплексну автоматизацію виробництва. Вони стають частиною гнучких автоматизованих виробництв, здатних швидко й без істотних витрат перебудовуватися на виробництво виробів різноманітних видів і пристосовуватися до змінних умов ТП.

РОЗДІЛ 1

Інформаційні дослідження відомостей про захватні пристрої промислових робіт

1.1 Різновиди класифікацій захватних пристроїв

Група ланок структури ПР, що забезпечують виконання операції захоплення і утримання об'єкту, контролю його властивостей і параметрів, а також, що здійснюють орієнтуючі і посадочні рухи, може бути віднесена до технологічних модулів ПР. Захват – це пристрій, який дозволяє утримувати об'єкт для проведення маніпуляцій. Можливості маніпулювання об'єктами визначаються рухливістю ланцюга кисть - механізм технологічних переміщень схвату. [8]

При конструюванні захватних пристроїв враховують форму і властивості об'єкту захоплення, умови протікання технологічного процесу і особливості вживаного технологічного оснащення, чим і обумовлено різноманіття існуючих захватних органів ПР. Найбільш важливими критеріями при оцінці вибору захватних органів є пристосованість до форми об'єкту захоплення, точність захоплення і сила захоплення. [8]

Можна знайти багато різноманітних класифікацій ЗП, але ми розглянемо лише декілька з них.

У класифікації захватних пристроїв (ЗП), представлений в джерелі [1, с. 65], в якості класифікаційних вибрані ознаки, що характеризують об'єкт захоплення, процес захоплення і утримання об'єкту, обслуговуваний технологічний процес, а також ознаки, що відображають структурно-функціональну характеристику і конструктивну базу ЗП (рис. 1.1).

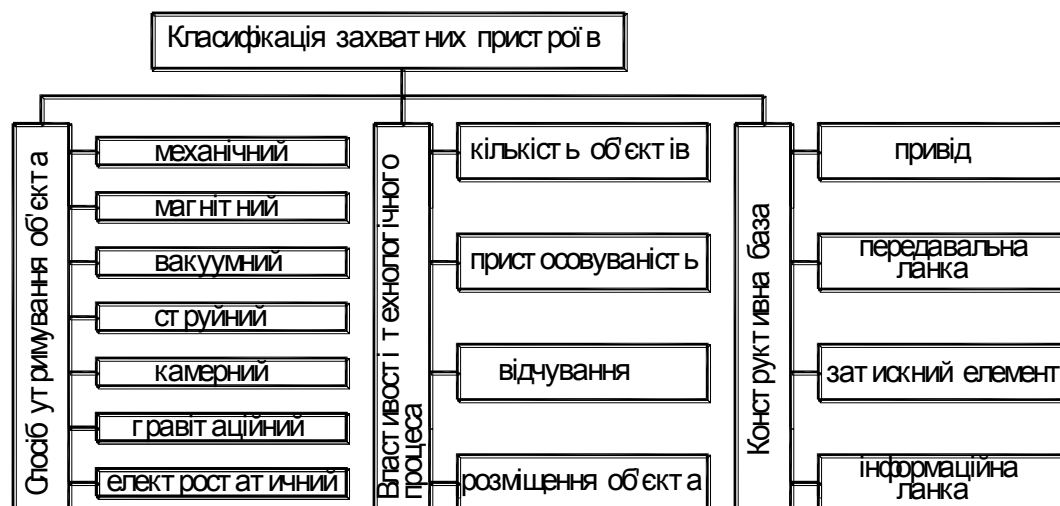


Рис. 1.1. Класифікаційні ознаки захватних пристроїв

До чинників, пов'язаних з об'єктом захоплення, відносяться форма об'єкту, його маса, механічні властивості, співвідношення розмірів, фізико-механічні властивості матеріалів об'єкту, а також стан поверхні.

Властивості матеріалу об'єкту впливають на вибір способу захоплення об'єкту, необхідний ступінь чутливості ЗП, можливості переорієнтації об'єктів в процесі їх захоплення і транспортування до технологічної позиції. Зокрема, для об'єкту з високим ступенем шорсткості поверхні, але нежорсткими механічними властивостями, можливо застосування тільки «м'якого» затискного елемента, оснащеного датчиками визначення сили затиску.

Рішення задачі вибору оптимальної конструкції ЗП неможливе без урахування чинників, пов'язаних з процесом захоплення і утримування об'єкту. Це, перш за все, фактори власне захоплення і утримання, а також поєднання процесу захоплення і утримання з виконанням якої-небудь допоміжної або основної технологічної операції, наприклад, комплектації, складання, зварювання, переорієнтації, контролю положення і форми. Такий підхід, що дозволяє сумістити контрольні, транспортні і основні переходи, сприяє оптимізації складу технічних засобів в

робото технічній системі і, в той же час, підвищує продуктивність складальних систем.

При вирішенні ряду технологічних завдань потрібно провести захоплення об'єкту по внутрішній або по зовнішній поверхні, а з урахуванням механічних властивостей об'єкту (не жорсткості, крихкості і інших) - з регульованим зусиллям затиску. Виходячи з цього виділені групи затискних і не затискних ЗП з наявністю управління процесом захоплення і утримання або без нього. [8]

Вельми важливим чинником, пов'язаним з процесом захоплення і утримання об'єкту, є кінематика зв'язку ЗП - об'єкт. При взаємодії схвату з об'єктом довільної форми, закріпленим в нерухомому оснащенні, потрібно забезпечити податливість захоплення по шести напрямках: вздовж трьох взаємно перпендикулярних осей і навколо них. Проте це число може бути зменшено завдяки особливостям форми деталі і губок, умовам закріплення деталі і рухливості елементів оснащення. [8]

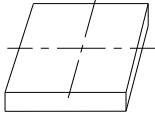
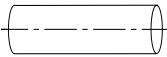
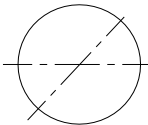

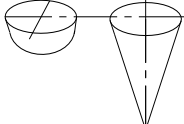
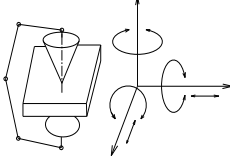
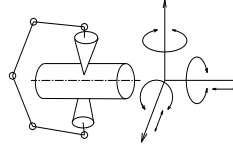
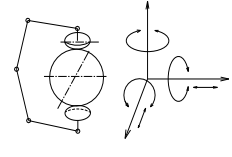
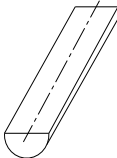
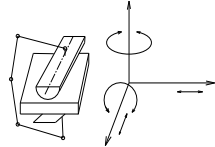
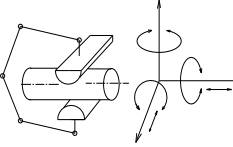
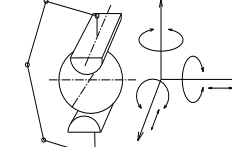
Для визначення конструктивного виконання затискного елемента розглядають оптимальні умови реалізації кінематики зв'язку «ЗП - об'єкт», які забезпечують накладання достатніх для удержування й ненадмірних зв'язків на об'єкт при його захваті. Зокрема, для циліндричних об'єктів можна використовувати чотири варіанти конструкції губок, кожний з яких відрізняється кількістю точок дотику (зв'язків) K та допустимих для об'єкта ступенів рухомості V . [9]


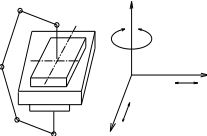
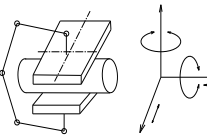
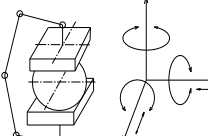
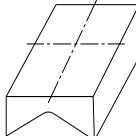
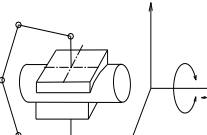
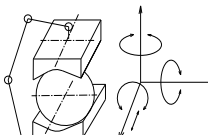
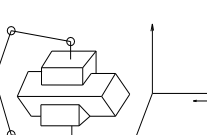
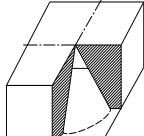
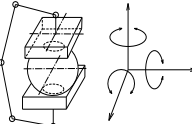
За наявності жорстких губок захватні органи можуть контактувати з поверхнею захоплюваного об'єкту теоретично не більше, ніж в трьох точках. Точки контакту є точками накладення зв'язків на захоплюваний об'єкт, і тому важливо, щоб їх було досить для його утримання, а місця накладення зв'язків не повинні перешкоджати виконанню технологічної операції і не бути надмірними. Практично число точок контакту і місця накладення утримуючих зв'язків залежать від кінематики пари захоплюваного тіла-об'єкту і губок захватних органів. Можливі варіанти накладення зв'язків K і ступеню пересування V об'єктів при захопленні для

різних поєднань кінематики і форм тіл-об'єктів і губок захоплення зведені в табл. 1.1. [2]. Ці поєднання кінематики форм визначають індекс зв'язку: наприклад, для циліндричних деталей при їх захопленні плоскими губками – індекс зв'язку Р – С, кількість точок контакту $K = 4$, число ступенів рухливості тіла-об'єкту при захопленні $\nu = 4$. Розрахункова формула сили утримання, що враховує масу об'єкту F_m , силу інерції F_y , вектор осьової складової R і коефіцієнт тертя між об'єктом і губками така:

$$F_g \leq 1/\mu [F_m \cos(F_j, R) + F_y \cos(F_y, R)]_{\max} \quad (1.1)$$

Таблиця 1.1. Кінематика форм і об'єктів.

Губк и	Тіла- об'єкт и	Плоскі  р	Циліндричні  с	Сферичні  s	Призматичні  w
Конус, Сфера  s	 K=2, v=5 s-p	 K=2, v=5 s-c	 K=2, v=5 s-s	Аналогічно s-c s-w	
Циліндр  с	 K=4, v=4 с-p	 K=2, v=5 с-с	 K=2, v=5 с-s	Аналогічно с-с с-w	

Площина  р	 $K=6, v=3$ р-р	 $K=4, v=4$ р-с	 $K=2, v=5$ р-с	Аналогічно р-с р-в
Призма  w	Аналогічно р-р w-р	 $K=6, v=2$ w-с	 $K=4, v=4$ w-с	 $K=6, v=1$ w-в
Конус вписаний  о	Аналогічно р-р	Аналогічно р-с	 $K=6, v=3$	Аналогічно р-с

Як уже відзначалось вище, непрямолинійність твірних об'єкта, неточності виготовлення й похибки форми призводять до збільшення кількості точок дотику. В інших випадках неправильний вибір конструктивного виконання губок ЗП призводить до появи надмірних зв'язків, які погіршують умови захвату й удержування і можуть бути джерелом додаткових деформацій у ланцюзі «ЗП - об'єкт - оснастка». [9]

Для кожного поєднання кінематики зв'язку «ЗП - об'єкт» можна визначити індекс зв'язку (табл. 1.1), який характеризується певним варіантом k накладання зв'язків і допустимим при цьому ступенем рухомості v об'єкта. [9]

Приддержуючись конкретних типів об'єктів і маючи допустимі значення ступенів рухомості і умови зручного обслуговування технологічного обладнання чи виконання технологічної операції (також такі, як складання виробу), з урахуванням необхідної умови утримування об'єкта, ми визначаємо кількість точок дотику (тобто зв'язків утримування), індекс зв'язку й оптимальної конфігурації захватних елементів. [9]

Стійкість захоплення об'єкту залежить від розподілу, розміщення і відносного розташування точок контакту. Неточності взаємного положення губок, об'єкту і оснащення призводять до небажаних небезпечних навантажень, які сприймаються системою – деталь – оснащення. Звичайно компенсація погрешностей розміщення будь-якого з елементів вказаної системи здійснюється за рахунок податливості ПР шляхом створення додаткових ступенів рухливості елементів захоплення. Виконувати податливими кінематичні ланки руки або приводу нераціонально, так як податливість, приведена до схвату, змінюватиметься залежно від положення руки. [9]

Об'єкт в захватному органі може бути зцентрований або збазований, причому центруючі ЗП можуть визначати і вісь, і площину симетрії, тобто виконувати функцію технологічного оснащення. [9]

Для виконання деяких технологічних операцій при складанні потрібна наявність чутливості ЗП, яка реалізується використанням додаткової інформаційно-вимірjuвальної ланки, що входить до складу ЗП. Крім того, за умовами протікання технологічного складального процесу одним ПР доводиться обслуговувати велику кількість деталей, що відрізняються формою, фізико-механічними властивостями, розмірами і іншими параметрами, у зв'язку з чим в окрему групу виділяють ЗП, що володіють можливістю пристосовуватися до умов технологічного процесу, а також обслуговувати групи об'єктів. [9]

Для правильного використання властивостей ЗП вельми важливим є знання можливостей формування його структурно-функціональної характеристики.

Структуру практично будь-якого ЗП можна представити у вигляді ланцюга: привод – підсилювально-передавальна ланка – затискний (утримуючий) елемент – інформаційно-вимірювальна ланка. При цьому ланки можуть розташовуватися в різній послідовності. Підсилювально-передавальна ланка служить для передачі зусилля і переміщення від приводу до затискних елементів ЗП. При «м'якому» затискному елементі контакт між губками і об'єктом відбувається по поверхні, тоді як при «жорсткому» – по точках і лініях. [9] Наявність в затискному елементі самовстановлюючої ланки дозволяє як компенсувати неточності взаємного розташування губок, об'єкту і оснащення, так і проводити захоплення об'єктів різної номенклатури і типорозмірів. [9]

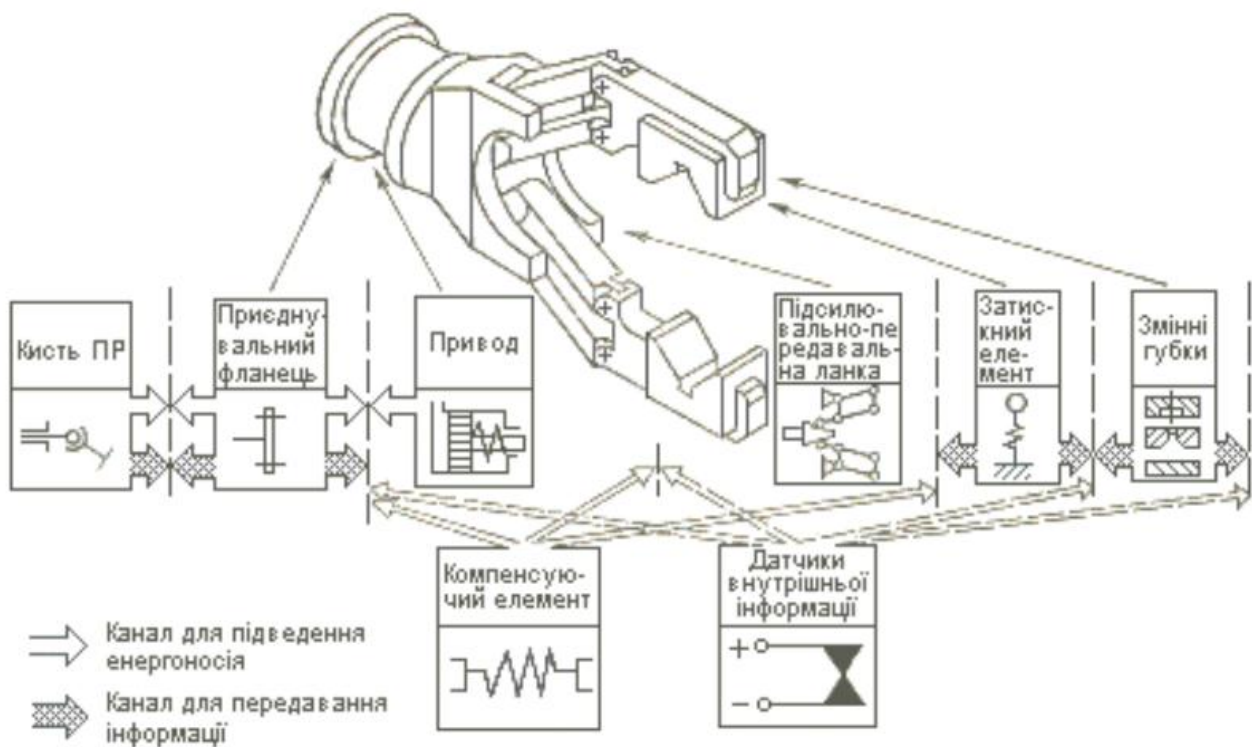


Рис. 1.2. Структура механічного ЗП

Інформаційно-вимірювальна ланка включає тактильні і локаційні датчики, причому вимоги деяких технологічних процесів передбачають оснащення ЗП і тими і іншими датчиками.

Основними параметрами механічних захватних пристроїв є коефіцієнт передачі зусилля K_p і ККД, які з урахуванням елементів розрахункової схеми визначаються так (для важільного схвату):

$$K_p = \frac{l_2}{2l_1} \cdot \frac{1}{\left(\alpha + \frac{d}{l_3} \operatorname{tg} \rho\right) \left(1 + \frac{d}{2l_1} \operatorname{tg} \rho\right)};$$

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{\operatorname{tg} \rho}{\alpha} \cdot \frac{d}{l_3}} \cong 0,4,$$
(1.3)

де μ – коефіцієнт тертя.

Захватні пристрої не тільки є складовою частиною ПР, але значною мірою визначають його основні характеристики: переналаджованість, функціональну і технологічну універсальність, надійність та інші.

Ці характеристики можуть бути покращенні, якщо передбачити конструкцію механізму локальних переміщень з двома автономно діючими захватними пристроями (рис. 1.1.3., а). Розташовані на несучій консолі 1 ротаційний приводи 2 і 5, 3 і 6 відповідно з обох боків консолі 1 дозволяють використовувати ЗП 4 і 7 для виконання складальних операцій. Зокрема, в зображеній конструкції захватний пристрій важеля 4 захоплює об'єкт зварки, а на місці захватного пристрою 7 змонтована зварювальна головка, так що процес зварки здійснюється безпосередньо в кисті робота.

Додаткові можливості відкриваються у механічних захватних пристроїв, якщо передбачити швидкозмінні губки 1 для різних класів захоплюваних об'єктів (рис.- 1.1.3., б).

В цьому випадку змонтовані на корпусі 3 захватного пристрою циліндр 6 з поршнем 5 і системою важелів 4-2 дозволяє використовувати ЗП для широкої номенклатури захоплюваних об'єктів.

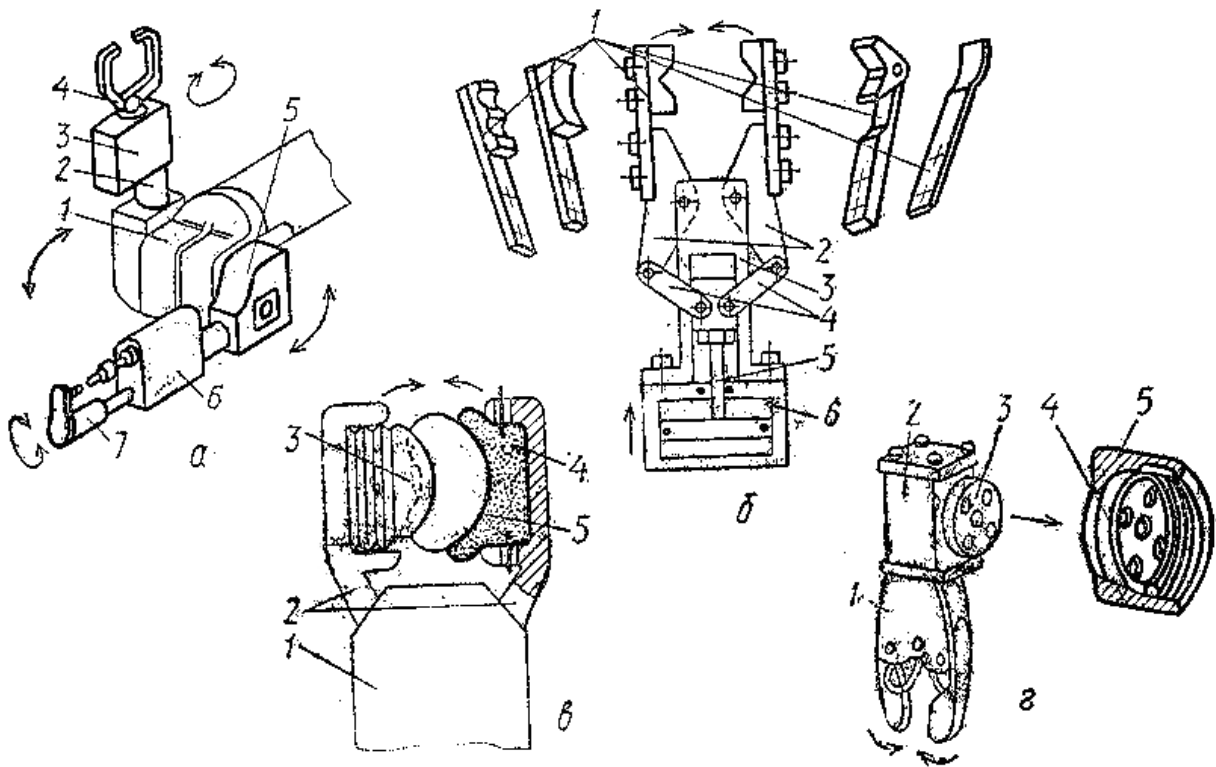


Рис. 1.3. Універсальні захватні пристрої

(а – з двома автономними захватами; б – з швидкозмінними губками;

в – з еластичноохоплюєними елементами; г – з уніфікованими елементами зчленування)

Розглянемо класифікацію ЗП представлену в джерелі [4, с. 151].

На рис. 1.4. представлена класифікація ЗП по ознакам, які на думку автора в більшості випадках являються рівноправними. В табл. 1.3. приведені приклади конструкцій ЗП, розподілені відповідно до окремих класифікаційних ознак.

Розрізняють ЗП за принципом дії.

Схоплюючі ЗП утримують об'єкт завдяки кінематичній дії робочих елементів (губок, пальців, кліщів і т. п.) за допомогою сил тертя або комбінації сил тертя і замикаючих зусиль. Всі схоплюючі ЗП активного типу підрозділяються на дві групи: механічні (кліщі, лещата, шарнірні пальці) і з еластичними робочими камерами, що деформуються під дією нагнітаємого всередину повітря або рідини. [10]

В *підтримуючих ЗП* для утримання об'єкту використовують нижню поверхню, виступаючі частини об'єкту або наявні в його корпусі отвори. До цих ЗП відносять крюки, петлі, вилки, лопатки і захоплення живильників, що не затискають заготовок. [10]

Утримуючі ЗП забезпечують силову дію на об'єкт завдяки використанню різних фізичних ефектів. Найбільш поширені вакуумні і магнітні ЗП. Зустрічаються ЗП, що використовують ефект електростатичного тяжіння, адгезії, ЗП з липкими накладками і т. п. [10]

По характеру базування захватні пристрої ділять на п'ять груп.

Здібні до перебазування об'єкту ЗП змінюють положення утримуваної деталі завдяки керованим діям робочих елементів. Цією властивістю володіють антропоморфні ЗП з керованими шарнірними пальцями. [10]

Центруючі ЗП визначають положення осі або площини симетрії захоплюваного об'єкту. До них перш за все відносять механічні ЗП, оснащені кінематично зв'язаними робочими елементами, що мають губки у вигляді призм і ін. Іноді це можуть бути ЗП з еластичними камерами. [10]

Базуючі ЗП визначають положення базової поверхні (або поверхонь). Такий принцип базування характерний для підтримуючих ЗП. Проте він часто використовується і в схвачуючих ЗП. [10]

Фіксуючі ЗП зберігають положення об'єкта, яке той мав в момент захоплення. [10]

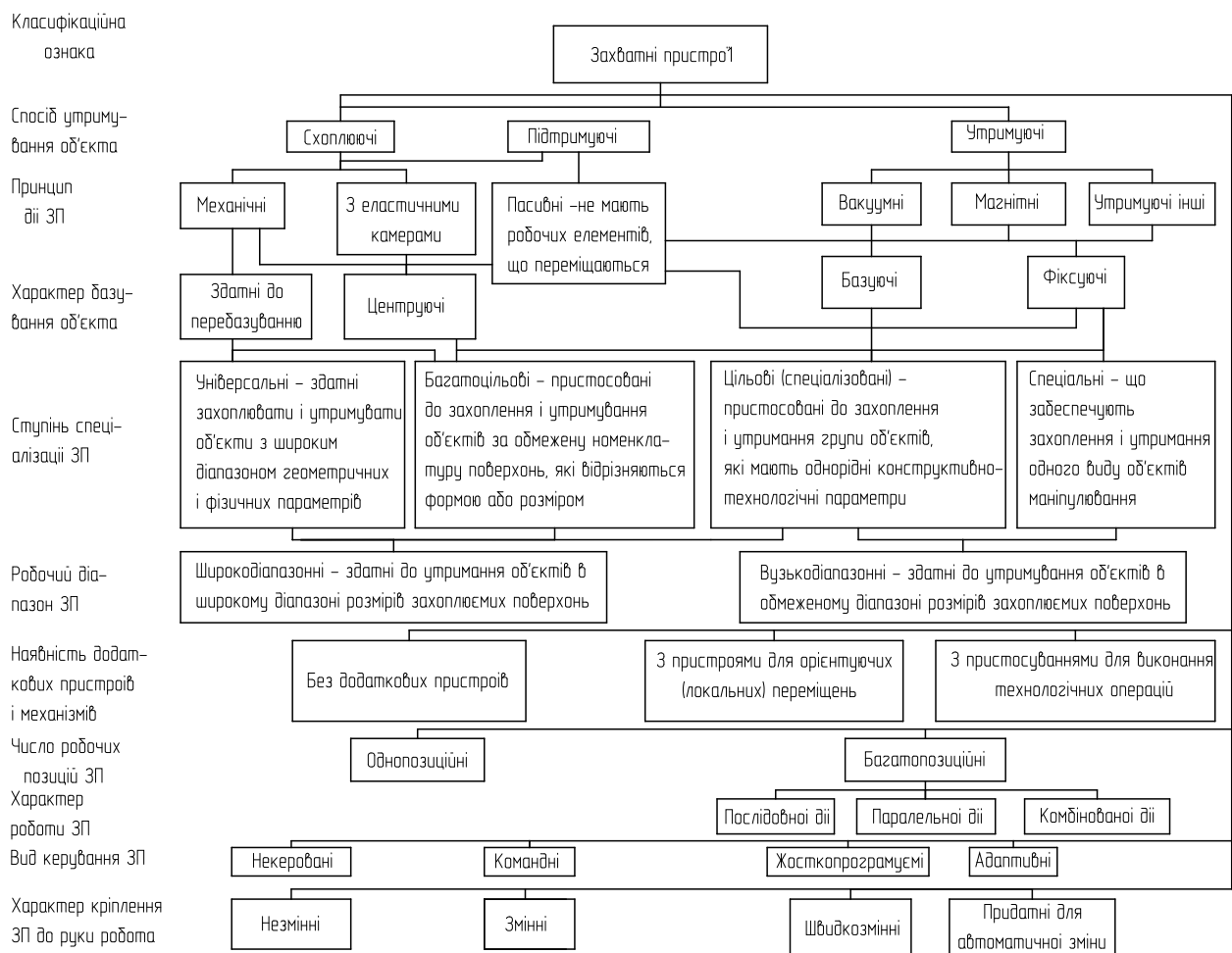


Рис. 1.4. Класифікація захватних пристроїв

Не забезпечуючі базування або фіксації об'єкта ЗП майже не застосовують для оснащення ПР. [10]

Залежно від призначення (наприклад, для складальних ПР) ЗП можуть оснащуватися додатковими пристосуваннями для виконання орієнтуючих переміщень, а також пристосуваннями для виконання деяких технологічних операцій (наприклад, гайковертом, запресовщиком або ножицями для відрізки системи ливника при зніманні пластмасових виробів з камер термопластоавтоматів). По числу робочих позицій ЗП можна розділити на однопозиційні і багатопозиційні. По характеру роботи багатопозиційні ЗП можна

розділити на три групи: послідовної, паралельної і комбінованої дії. До ЗП послідовної дії відносять двохпозиційні пристрої, що мають завантажувальну і розвантажувальну позиції. Робочі елементи на кожній позиції діють незалежно. Багатопозиційні ЗП паралельної дії мають ряд позицій для одночасного захоплення або вивільнення групи деталей. ЗП комбінованої дії оснащені групами паралельно працюючих позицій, причому ці групи приводяться в дію незалежно одна від одної. [10]




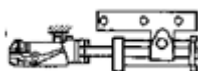


По вигляду управління ЗП підрозділяють на чотири групи.

Некеровані ЗП - пружинні механічні пристрої з постійними магнітами або з вакуумними присосками без примусового розрідження. Для зняття об'єкту з таких ЗП потрібне зусилля більше, ніж зусилля його утримання. [10]

Командні ЗП управляються тільки командами на захоплення або відпуск об'єкту. До цієї групи відносять ЗП з пружинним приводом, оснащуванні стопорними пристроями і що спрацьовують через такт. Розтискаються і затискаються губки пружинних ЗП завдяки взаємодії їх з об'єктом маніпулювання або елементами зовнішнього устаткування (аналогічно механізмам, використовуваним в деяких конструкціях кулькових авторучок). [10]

Жорсткопрограмуємі ЗП керуються СУ ПР. Величина переміщення губок, взаємне розташування робочих елементів, зусилля затиску в таких ЗП можуть мінятися залежно від заданої програми, яка може управляти і дією допоміжних технологічних пристосувань. [10]

Адаптивні ЗП - програмовані пристрої, оснащені різними датчиками зовнішньої інформації (визначення форми поверхні і маси об'єкту, зусилля затиску, наявності прослизання об'єкту щодо робочих елементів ЗП і т. п.). [10]

Деталі		Механічні пристрої			Вакуумні і магнітні пристрої		Пристрої з еластичними камерами
		Центруючі		Базуючі	Центруючі	базуючі	
		Широкодіапазонні	Вузькодіапазонні				
Тіла обертання: фланці					_____		
				_____		_____	
Плоскі деталі		_____			_____		_____
Деталі коробчатої форми							_____
Деталі складної форми		_____	_____				

Таблиця 1.3. Приклади конструкцій захватних пристроїв

По характеру кріплення до руки ПР усі ЗП розділяють на чотири групи.

Незмінні ЗП - пристрої, що є невід'ємною частиною конструкції робота, заміна яких не передбачається. [10]

Змінні ЗП - пристрої, що є самостійними вузлами з базовими поверхнями для кріплення до робота. При цьому їх кріплення не передбачає швидкої заміни (наприклад, установка на фланці за допомогою декількох гвинтів). [10]

Швидкозмінні ЗП - змінні ЗП, у яких конструкція базових поверхонь для кріплення ЗП до робота забезпечує їх швидку зміну (наприклад, виконання у вигляді байонетного замку). [10]

Придатні для автоматичної зміни ЗП - пристрої, у яких конструкція базових поверхонь забезпечує можливість їх автоматичного закріплення на руці робота. [10]

Найлегший спосіб опису захвату є його представлення у вигляді людської руки. Тільки, як рука захват може утримувати, затискати і розтискати об'єкти (рис. 1.5). [10]

Захват є лише одним з компонентів автоматизованої системи. Захвати докладаються до робота чи можуть бути самостійною частиною системи автоматизації.

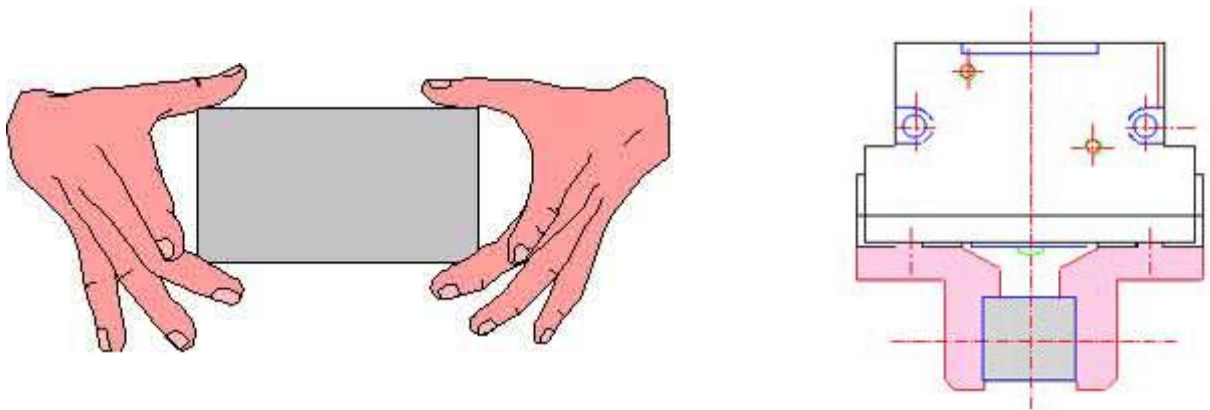


Рис. 1.5. Представлення схвату у вигляді людської руки

Найбільш розповсюджений тип захвату з всього 2 клешнями захвату забезпечує 2 місця для розміщення пальців, які приймають участь в контакті утримання деталі. Клешні рухаються в синхронно закриття та відкриття, в напрямку центральної осі тіла захоплення.

Більш спеціалізований тип захвату, 3 клешні захвату (паралельні та поступальні) забезпечує 3 місця для монтажу пальців, які приймають участь у контакті утримання об'єкту. Клешні забезпечують більший контакт зі захопленою деталлю і більш точне центрування ніж модель з 2 клешнями.



Рис. 1.1.6. Типи захвату а- 2 клешні захвату; б- 3 клешні захвату.

Для виконання простої функції захоплення схват повинен мати хоча б два пальця, сполучених шарніром з одним ступенем рухливості, який дозволяє здійснювати відкриття і закриття. Якщо схват має два жорсткі пальці, то він може захоплювати обмежений клас об'єктів з формою, які мало відрізняються. Крім того, такий пристрій не може здійснювати складних маніпуляцій, оскільки усі ступені рухливості використовуються для захоплення.

Існують два способи підвищити адаптивність захоплення до форми об'єкту. Можна ввести зчленування в пальці схвата. Також можна збільшити кількість пальців захвату (не більше п'яти). З ускладненням захвату з'являється можливість здійснювати маніпуляції захопленим об'єктом.

Чим більше пальців, зчленувань та ступенів рухливості має схват, тим вище його універсальність. У табл. 1.4. вказана приблизний зв'язок між кількістю пальців та зчленувань у захопленні і операціями, які можуть їм виконуватися.

Таблиця 1.4. Приблизні залежності між числом пальців і зчленувань в схваті і функціями, які можуть ними виконуватись

Тип пальців в схваті		Функції		
Число	Жорсткість	Схват	Відповідність поверхні	Маніпуляції
2	Жорсткі	0	X	X
2	Гнучкі	0	0	X
3	Жорсткі	0	0	X
3	Гнучкі	0	0	0
5	Жорсткі	0	0	X
5	Гнучкі	0	0	0

Примітка. 0 – деякі схвати виконують функцію; X – функція схватами не виконується.

Як вже наголошувалося вище, ЗП розрізняються за кількістю пальців, зчленувань і ступенів рухливості. Будь-якій комбінації цих трьох параметрів відповідають різні властивості захоплення. Крім того, в ЗП використовуються різні приводи. Нижче приводиться класифікація захватних пристроїв за функціональною ознакою.

По функціональних можливостях схвати можна розділити на три категорії: багатоцільові, спеціальні і універсальні.

Перша категорія включає пальцьові схвати, призначені для виконання обмеженої множини операцій. Вони володіють меншою технологічною гнучкістю і мають менше пальців і зчленувань. Правда, коштують вони набагато дешевше. Ця категорія піддається подальшій класифікації, наприклад, по кількості пальців: виділяються двох-, трьох- і п'яти-пальцьові пристрої. У промисловості найбільшого поширення набули двох-пальцьові схвати. Трьох- і п'ятипальцьові схвати використовуються головним чином в протезуванні.

Другий варіант подальшої класифікації заснований на кількості схватів,

що встановлюються на зап'ясті маніпулятора. Багатосхватний робочий орган (рис. 1.7) дозволяє одночасно виконати декілька операцій. Проте методи проектування кожного із схватів такого органу не відрізняються від методів проектування одиночного схвату.

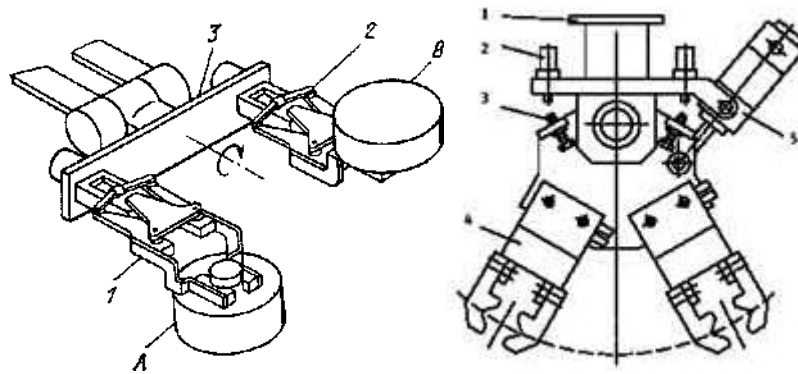


Рис. 1.7. Зап'ястя з декількома схватами

Можлива класифікація за способом захоплення об'єкту: зовні або зсередини. Зовнішній схват (рис. 1.8.) використовується для захоплення зовнішніх поверхонь об'єкту пальцями, що стискаються. Внутрішній схват утримує об'єкт за його внутрішні поверхні, розтискаючи пальці (рис. 1.9).

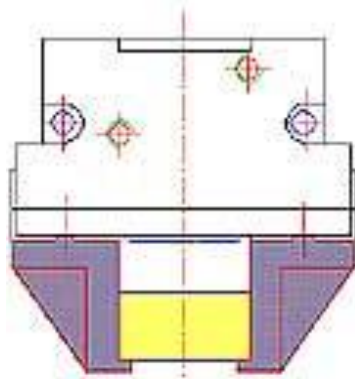


Рис. 1.8. Зовнішній схват

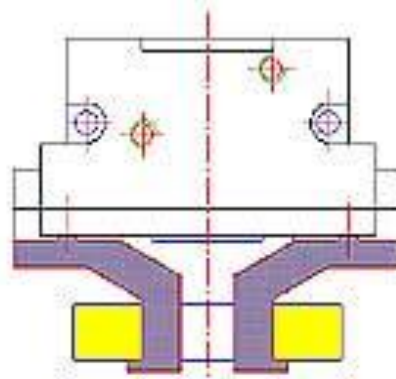


Рис. 1.9. Внутрішній схват

Ще один варіант класифікації заснований на обліку кількості ступенів рухливості схвату. Переважну більшість механічних схватів мають один ступінь рухливості. Схвати, що мають більше двох ступенів рухливості, зустрічаються рідко.

Друга категорія включає спеціальні захватні пристрої. Типові представники цієї категорії - вакуумні присоски і електромагніти. У деяких

завданнях доводиться маніпулювати з об'єктами великого об'єму або, навпаки, тонкими для пальців схвата. У таких випадках ефективніше спеціальні схвати.

До третьої категорії відносяться універсальні схвати, як правило, що мають більше трьох пальців і(або) більш за одне зчленування в кожному пальці (рис. 1.10). Вони дозволяють виконувати велику номенклатуру операцій захоплення і перебазування об'єктів. Майже все такі пристрої експериментальні.

1.2. Сучасні програмні комплекси моделювання і програмування промислових роботів

На даному етапі багато передових фірм – виробників промислових роботів, такі як FANUC та Motoman (рис. 1.10), використовують систему автоматизованого проектування CATIA для створення роботів у віртуальному середовищі. Крім того CATIA також використовується споживачами промислових роботів (наприклад, BMW) для вирішення різних задач, таких як вибір положення. В сучасному світі кожен випускний промисловий робот має цифрову модель, яка може використовуватися для віртуального проектування та моделювання, ергономічного аналізу, а також для вирішення інших задач, характерних для сучасних систем цифрового виробництва. Відповідно актуальність набуває створення робота у віртуальному середовищі як механізму, володіючого геометрією і як мінімум, кінематичними парами. Існують спеціалізовані додатки для моделювання промислових роботів і пов'язаних з ними процесів. Системи автоматизованого проектування високого рівня CATIA дозволяє вирішити цілий ряд задач. За допомогою її стандартних модулів можливо спроектувати робот, створити кінематичну модель, задати обмеження і т. д. За допомогою продукту SimDesigner, який вбудовується в інтерфейс CATIA і використовується як одне ціле з системою, можна провести динамічний аналіз та аналіз на міцність. Також є можливість створити певні правила і параметри, які забезпечують керування положенням робота у віртуальному середовищі.

Створення віртуальної моделі промислового робота у середовищі CATIA відбувається наступним чином. За допомогою інструментів модулів твердотілого моделювання (Mechanical Design) CATIA створюються окремі ланки робота. Даний процес може проходити як в контексті складання так і відособлено. При цьому проектується основна геометрія, задаються міжосьові відстані, а потім за допомогою інструментів модуля складання (Assembly Design) накладаються обмеження і зв'язки.

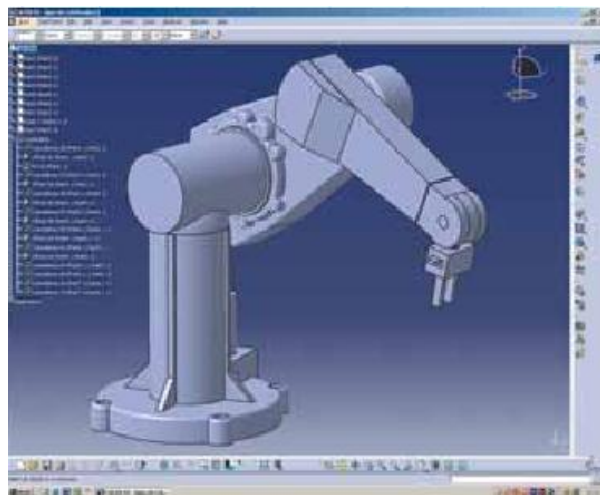


Рис. 1.10. Фотореалістика промислового робота FANUC (зліва) та модель робота в середовищі CATIA (справа)

В результаті створюється модель робота, який може задавати значення узагальнених координат для позиціонування в просторі.

Останні 20 років Техно-Sommer була північноамериканським дистриб'ютором Sommer -автоматичних захватів і автоматизації і є одним з ведучих світових виробників заводу автоматизованої продукції з 1979 року.

Sommer - автоматика має репутацію виробництва, як одного з найбільш надійних, новаторських та проблемно-орієнтованих захватів. Велика увага звернена на якість обробки корпусів та інших компонентів, якості високого класу алюмінієвих сплавів для обробки на сучасних верстатах з ЧПУ, замість лиття. Цей продукт дозволяє витримувати на належному рівні високі допуски, які необхідні клієнтам.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

Сучасний етап промислового виробництва характеризується нерівномірністю насичення рівнів автоматизації парка технологічного устаткування і автоматизації праці, переважанням в номенклатурі здебільшого виробів дрібносерійного виробництва, швидким моральним старінням традиційних систем автоматизації виробництва при тривалих термінах і високих витратах освоєння ними нової продукції і технології, принциповою неможливістю використання традиційних засобів автоматизації технологічних операцій в дрібносерійному виробництві, необхідністю докорінної перебудови в організації виробництва при переході на нову продукцію.

Масштаби розвитку вітчизняної економіки, з одного боку, і обмеженістю трудових ресурсів, з іншого, потребують інтенсифікації виробництва на основі глибокого наукового підходу до питань розробки передової технології, високоефективного устаткування і прогресивних форм і методів організації і планування. Як показує досвід передових галузей нашої країни, вирішення задачі підвищення ефективності виробництва в умовах все більше виявляємої тенденції до зниження серійності і збільшення номенклатури виробів, що випускаються може бути забезпечено шляхом використання різних конструкцій ПР. Гнучкі РТС є комплексні об'єднання верстатів з ЧПУ, іншого технологічного устаткування і роботів, керованих мікропроцесорами, з системами автоматизованої підготовки виробництва.

Ось дані корпорації АВВ, яка має найбільший в світі парк встановлених ПР, за областями призначення. В кожній з цих областей обов'язково застосовуються ПР, оснащені схватами. По відомостям корпорації АВВ, кожний 5-й робот оснащений схватом, тобто близько 20% всіх роботів.



Рис. 1.11. Застосування ПР за областями призначення

Метою даної роботи є синтез досліджень особливостей технологічного обладнання роботизованого виробництва, автоматизація вибору і проектування конструкцій захватних пристроїв промислових роботів в технологічному середовищі виробництва.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні **задачі**:

- ✓ здійснити огляд літературних джерел у яких формуються основи цілісності конструкцій захватних пристроїв технологічного середовища виробництва із застосуванням промислових роботів;
- ✓ розробка методологічних основ синтезу конструкцій захватних пристроїв в залежності від конструктивних особливостей об'єкту маніпулювання;
- ✓ розробити елементи САПР для синтезу конструкцій захватних пристроїв.

РОЗДІЛ 2

Визначення необхідних і достатніх вимог для стабільної експлуатації захватних пристроїв

Стандарт СТ СЕВ 5460-85 "Роботи промислові. Пристрої захватні. Типи, номенклатура основних параметрів, приєднувальні розміри" встановлює наступні експлуатаційні показники захватних пристроїв: [16]

- номінальна сила захоплення, визначена як сила, з якою робочі елементи діють по нормалі до поверхні об'єкту маніпулювання, що затискається. Розраховується з урахуванням маси, прискорення, характеру взаємодії поверхонь, які контактують, робочих елементів з об'єктом маніпулювання; [16]

- маса захватного пристрою, визначає інерційні сили, що діють на механізми промислового робота, а також максимальну корисну масу об'єкту маніпулювання; [16]

- час захоплення - час від подачі сигналу пристроєм управління на захоплення до моменту завершення процесу, тобто коли зусилля захоплення досягає сталого значення; [16]

- час відпуску - час від подачі команди пристроєм управління на відпуск до моменту завершення процесу, тобто звільнення об'єкту і повного відкриття схвату. Час захоплення і час відпуску зазвичай визначаються експериментально, їх розрахунок дає, як правило, недостовірні результати, але ці показники важливі для побудови циклограми і визначення продуктивності робототехнологічного комплексу; [16]

- середнє напрацювання на відмову і середній час відновлення відмови, що характеризують надійність роботи захватного пристрою. Середнє напрацювання на відмову за нормальних експлуатаційних умов повинне бути не менше 2000 годин; [16]

- габаритні розміри захватного пристрою;
- кількість використовуваних пальців;

- характерні розміри об'єкту маніпулювання, що дозволяють оцінити діапазон розмірів деталей, на які розрахований схват;
- умови експлуатації - температура, стан навколишнього середовища;
- вид приводу;
- енергетичні показники - напруга, сила струму, тиск робочого тіла;
- максимальна маса об'єкту маніпулювання. [16]

Для конкретних умов пред'являють спеціальні вимоги до захватних пристроїв, а також і обов'язкові, наприклад: надійне захоплення і утримання деталі чи заготовки з умовами дотримання необхідних характеристик швидкості, стабільності базування. Важливу роль грає міцність захвату пристрою для малих габаритів і масі об'єкта, нескладна конструкція висока надійність. [16]

Спеціальними вимогами можна назвати захоплення і утримання об'єкта із базуванням в широкому діапазоні маси і розмірів, а також можливість захоплення пристроєм близько розташованих деталей чи заготовок. При проектуванні враховується вимоги безпеки до промислових роботів та можливість зміни зусилля утримування об'єктів. [16]

2.1. Типові конструкції та основи розрахунку захватних пристроїв

Геометричні та фізико-механічні характеристики деталей та заготовок накладають обмеження для застосування типу захватного пристрою роботів. Цим обумовлено їх розмаїття за класифікаціями по способам утримування та збазування деталей, керуванням та переналагоджуванням.

В цьому розділі буде розглянуто етапи конструктивного розроблення пристрою захвату, а також як вони розраховуються.

Першими властивостями за якими класифікуються захватні пристрої є як вони працюють та їх конструкції. За цими властивостями виділяють механічні, вакуумні, магнітні, а також ЗП з еластичними камерами. Конструктивні особливості ЗП визначаються співвідношенням основних типорозмірів ОМ, це ми можемо бачити з табл. 2.1.

Машинобудівні деталі, які є на операціях механообробки об'єктами маніпулювання ПР, за формою можна поділити на п'ять груп: деталі типу фланців (кілець, дисків, валів, гільз, труб) і корпусів (брусків, плиток), а також плоскі і складної форми.

Розглянемо основні типи ЗП в аспекті їх використання для завантаження верстатів.

Для ПР, обслуговуючих металообробні верстати, найбільш зручні затискні механічні ЗП. Як зазначалося вище, характеристики пристроїв з еластичними камерами не дозволяють поки використовувати їх в металообробці. Підтримуючі ЗП також застосовуються в металообробці порівняно рідко. Притяжні ЗУ мають велике значення для випадків, коли завантаження йде зі стопи або коли деталі щільно укладені.

Вакуумні ЗП, як правило, використовують для плоских неважких деталей. Область застосування магнітних ЗП, особливо електромагнітних, може бути більш широкою, хоча суттєвим обмеженням є неможливість захоплення виробів з кольорових металів і пластмас, а також намагнічування деталей.

Важливе значення для ЗП, що використовуються в металообробці, має характер базування. Пристрої, здатні до перебазування, мають поки експериментальний характер і в зв'язку з великою складністю, ймовірно, не знайдуть широкого застосування на операціях, які можна виконати більш простими засобами (зокрема, в металообробці). Найбільш важливими є тут центруючі і базуючі ЗП.

Центруючі ЗП придатні для деталей, що мають вісь або площину симетрії, тобто в першу чергу для фланців, валів, симетричних корпусів. Особливо зручні такі пристрої у випадках, коли базування деталей в верстаті також йде по осі або площині симетрії (патрони і центри токарних верстатів, центруючі тиски фрезерних і фрезерно-центрувальних верстатів).

У серійному виробництві центруючі, широкодіапазонні ЗП дозволяють переходити з одного типорозміру завантажуваних деталей на інший без переналагодження робота.

Базуючі ЗП застосовують для деталей, базування яких в обладнанні не пов'язано симетрією, або для несиметричних деталей (плоских і складної форми). Такі ж базуючі пристрої (вузькодіапазонні) можна використовувати в масовому виробництві для завантаження симетричних деталей, так як в цьому випадку переналагодження не потрібно, а базують ЗП зазвичай більш прості, ніж центрівні.

Застосування ЗП з різним ступенем спеціалізації в металообробці визначається серійністю виробництва. Універсальні пристрої, поки не знаходять вживання. Багатоцільові ЗП, як правило, є вузькодіапазонними, мають спеціальні губки для захоплення виробу за різні поверхні (до і після обробки або при перебазуванні). Найбільшого поширення набули цільові ЗП, з яких вузькодіапазонні використовуються в масовому виробництві, а широкодіапазонні в серійному.

Спеціальні ЗП застосовуються в масовому виробництві для захвату деталей складної форми. ЗП з додатковими пристроями поки знаходять в металообробці обмежене вживання і, як правило, в масовому виробництві. Пристрої для локальних переміщень використовуються в ЗП спрощених роботів агрегатного типу. В масовому виробництві знаходить також застосування оснащення ЗП вимірювальними пристроями. [9]

Більшість ЗП, що застосовуються в металообробці, - однопозиційні або двопозиційні послідовної дії. Багатопозиційні ЗП паралельного або комбінованого дійства можуть бути використані при завантаженні багатопозиційних агрегатних і автоматичних ліній.

За типом управління ЗП для завантаження деталей у верстати є здебільшого цикловими. За характером кріплення до ЗП ПР в металообробці переважають змінні пристрої (масове виробництво) і швидкозмінні (серійне виробництво). ЗП для автоматичної зміни в багатьох випадках можуть бути уніфіковані по місцях кріплення з швидкозмінними. Поки вони ще не знайшли достатнього застосування, але з розширенням автоматизації серійного виробництва їх значення збільшиться.

Найбільшого поширення в ПР для завантаження верстатів отримали механічні ЗП. В якості приводу служать пневматичні, гідравлічні та електромеханічні пристрої.

Пневматичні приводи використовують в основному при малих і середніх масах деталей, гідравлічні застосовують досить широко, а електромеханічні знаходять поки обмежене застосування. [9]

Пружинні ЗП використовують порівняно рідко, в основному в умовах масового виробництва. Застосовують ЗП з різними типами передавальних механізмів. При цьому для ЗП з пневматичним приводом характерні механізми, здатні збільшити силу затиску: клиновий, важільний, кулачковий. Для гідравлічних ЗП широко використовують рейкові передачі, для ЗП з електричним приводом або з приводом від пневмодвигуна - черв'ячні і гвинтові. Самогальмівні передачі дозволяють зберігати необхідне зусилля затиску при вимкненому приводі. Однак слід передбачати перевищення крутного моменту від приводного мотора при розтиску заготовки над моментом при її затиску, так як в іншому випадку можливо заклинювання механізму. [9]

За функціональними ознаками бувають:

контрольно-вимірювальні ЗП – вони контролюють розміри та якість виготовлення під час захвату об'єктів;

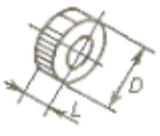
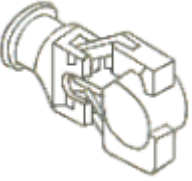
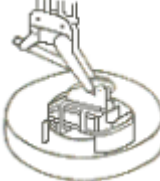
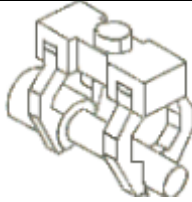
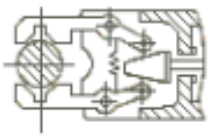
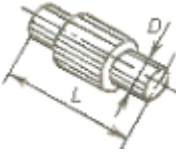
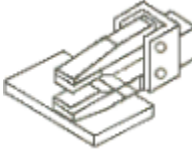

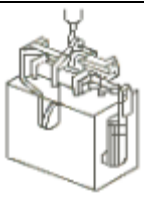

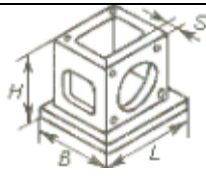
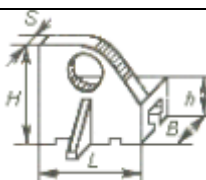
схватуючі – захватні пристрої для яких головна роль утримувати об'єкт завдяки силам тертя або комбінації цих сил із замикаючими зусиллями;

затримуючі ЗП - вони забезпечують силову дію на об'єкт за допомогою використання різних фізичних явищ (дії вакууму, тиску повітря, дії електростатичних і електромагнітних сил тощо). Зазвичай найскладнішими для конструювання ЗП вважають функції захвату й утримування асиметричних ОМ. В більшості для цього використовують еластичні камери, незалежне переміщення робочих губок та базуючі ЗП. [9]

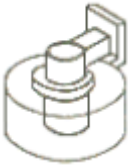
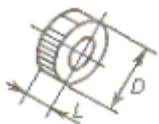
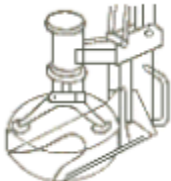
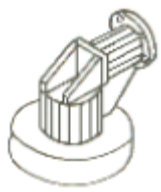
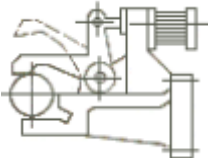
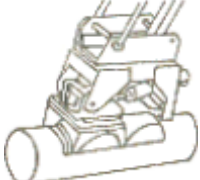
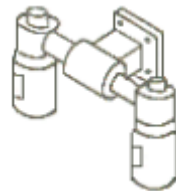
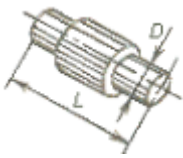
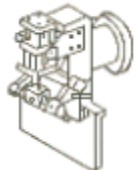
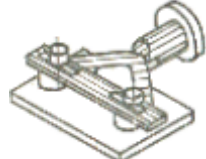

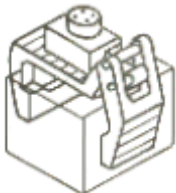

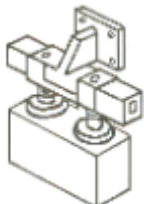
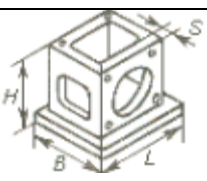
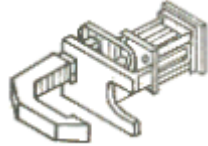
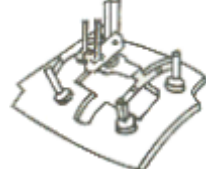
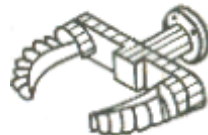
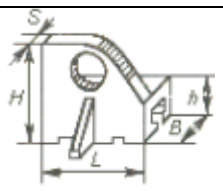
Механічні ЗП працюють за принципом затиску з утриманням деталі з допомогою сил тертя між базовими поверхнями ОМ і робочими губками захвату, тобто сил, які виникають внаслідок надання цим губкам зусиль затиску від приводу і замикаючого дії робочих елементів, а також за принципом

використання виступаючих частин робочих елементів пристроїв в якості опори для деталі і їх найчастіше використовують для транспортування, завантаження, складання. [9]

Таблиця 2.1. Типові деталі та ЗП маніпуляторів.

Типові деталі-представники, обслуговувані маніпуляторами		Механічні ЗП	
Тіла обертання типу дисків		Центруючі	
		Широкодіапазонні	Вузькодіапазонні
$D \geq L$			
Тіла обертання типу валів			
$D \ll L$			
Плоскі		-	
$S \ll L$			
Призматичні типу картерів, корпусів			
$S \ll (L, H, B)$ $L \approx H \approx B$			
Асиметричні		-	-
$S \ll (L, H, B)$ $h < H$			

Таблиця 2.1. Типові деталі та ЗП маніпуляторів (продовження)

Типові деталі-представники, обслуговувані маніпуляторами		Механічні ЗП	Вакуумні та магнітні		З еластичними камерами
Тіла обертання типу дисків		Базуючі	Центруючі	Базуючі	
$D \geq L$			-		
Тіла обертання типу валів				-	
$D \ll L$					
Плоскі			-		-
$S \ll L$					
Призматичні типу картерів, корпусів					-
$S \ll (L, H, B)$ $L \approx H \approx B$					
Асиметричні			-		
$S \ll (L, H, B)$ $h < H$					

Виключення становлять механічні ЗП затримування, які не мають спеціального привода і забезпечують удержування заготовки завдяки силам тертя, що виникають під впливом власної сили тяжіння заготовок або деталей.

2.2. Збереження надійного утримання об'єктів маніпулювання під час захвату та руху ПР.

Для запобігання пошкоджень відповідальних поверхонь деталей необхідно виконувати розрахунок за дотичними напругами (табл 2.2). Значення напруги у дотичних місцях губок і деталі не повинно перевищувати допустиме значення для конкретного матеріалу.

Для зменшення значення напруги збільшують габарити губок захвату або замінюють матеріал губок.

Губки ЗП контактують з деталлю, від їх конструкції багато в чому залежить точність і надійність його роботи. При конструюванні необхідно враховувати, що на губки діють значні нормальні зусилля і сили інерції, які зрушують губки зі свого місця. З іншого боку, губки повинні забезпечити найбільшу силу тертя, що дозволяє зменшити розміри елементів схвату. Тому в конструкції губок необхідно передбачити їх жорстку фіксацію, виконання конструкції губок з високою твердістю і можливістю їх швидкої і легкої установки і заміни. Губки виготовляють із сталей марки 65Г, 60С2, У8А, У10А з твердістю 55 HRC. Коефіцієнт тертя для губок з рифленням 0,3...0,4, для губок без рифлення 0,12...0,16.

У ряді випадків, особливо при утриманні деталі за рахунок сил тертя, зусилля, що діють в місцях контакту із захватними пристроями, вельми значні. Це може привести до пошкодження поверхонь деталей, що неприпустимо при їх чистовій обробці, або до пошкодження затискних пальців захватних пристроїв. Контактна напруга σ повинна бути менше ніж допускається .

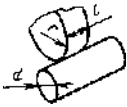

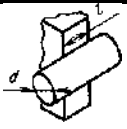

Значення напруги, що допускається, для різних типів матеріалів можна розрахувати по формулі:

$$[\sigma] = (25 \dots 3) HВ \quad (2.1)$$

Контактна напруга, що допускається, для сталей: 450...850 Мпа - для лінійного контакту; 1100...2200 Мпа - для точкового контакту. Напруга, що допускається, для чавуну 260...350 Мпа для лінійного контакту.

Формули, що визначають розрахункові значення на поверхні контакту заготовки із захватним пристроєм, приведені в табл.2.2.

Таблиця 2.2. Формули для розрахунку контактних навантажень при захопленні заготовки губками Захватного пристрою

Схема	Формула
	$\sigma = 0,418 \sqrt{\frac{NE_{\text{ПР}}}{l} \left(\frac{2}{d} + \frac{1}{r} \right)}$
	$\sigma = 0,418 \sqrt{\frac{NE_{\text{ПР}}}{l} \left(\frac{2}{d} - \frac{1}{r} \right)}$
	$\sigma = 0,418 \sqrt{\frac{NE_{\text{ПР}} \cdot 2}{ld}}$
	$\sigma = m^3 \sqrt{\frac{N(E_{\text{ПР}})^2}{r^2}} \quad \text{при} \quad \frac{d}{2} < r$
Позначення. N – сила, що діє в місці контакту схвату з заготовкою і визначається формулами табл. 2.2.; $E_{\text{ПР}}$ – приведений модуль пружності матеріалів губки схвату і заготовки; l – ширина губки схвату, см; d – діаметр заготовки, см; r – радіус губок схвату, см; m – коефіцієнт, який залежить від відношення найменшого радіуса до найбільшого із двох дотичних поверхонь.	

Приведений модуль пружності матеріалів $E_{\text{пр}}$ підраховують по формулі:

$$E_{\text{пр}} = \frac{2E_1E_2}{(E_1 + E_2)}, \quad (2.2)$$

де E_1 - модуль пружності матеріалу об'єкту маніпулювання; E_2 - модуль пружності матеріалу губок захватного пристрою.

Сили, що діють в місці контакту губок захватного пристрою і деталі, визначаються з умови утримання деталі. Можна відокремити деякі типові конструкції, які є найбільш раціональними в тих чи інших умовах. Зазначимо дві схеми утримання: тертя і охоплення.

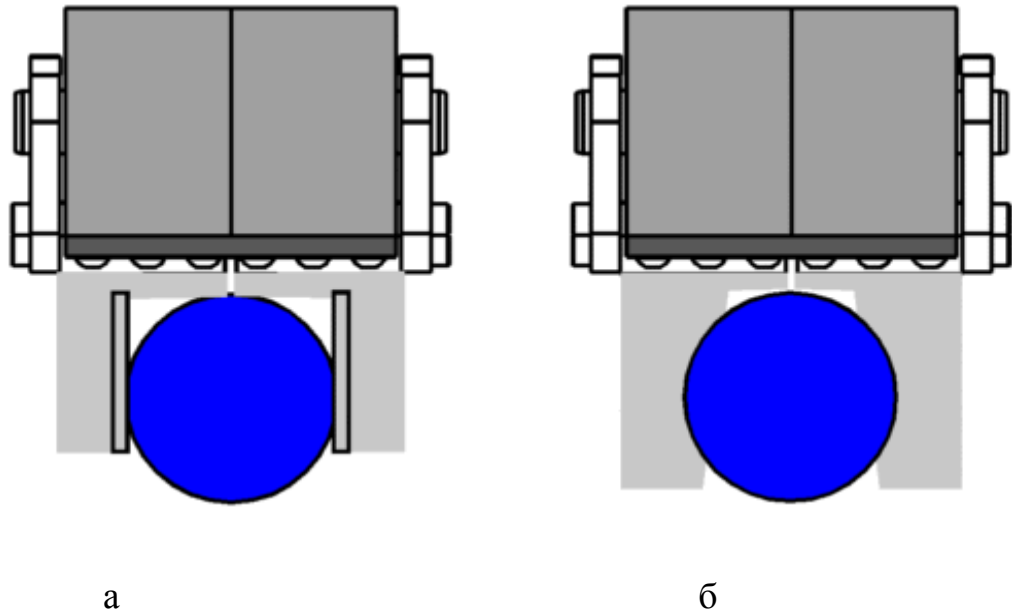


Рис. 2.1. Конструкції ЗП

а - губки тертя; б - губки охоплення

Визначають мінімальне зусилля затиску, необхідне для удержування заготовки чи деталі в захваті. При виборі розрахункової схеми (табл. 2.3) виходять з найбільш несприятливого положення захвату, тобто положення, при якому під дією всіх прикладених сил (інерційних, дотичних і сили тяжіння) можливий зрив деталі зі затискних губок захвату. Затримуючими силами є сили тертя, що залежать від коефіцієнта тертя матеріалу деталі й затискних губок, а також дотичні зусилля, що виникають у місцях дотику деталі зі захватом під впливом зусилля затиску. Значення прикладених до деталі сил можуть бути знайдені з рівнянь кінетостатики, складених у проекціях сил на осі вибраної системи координат. [9]

Таблиця 2.3 Схеми затиску деталі і розрахункові формули.

Номер схеми	Схема затиску деталі губками захвату	Розрахункові формули	
		Зусиль затиску і нормальних реакцій (контактних зусиль)	Похибки базування
1		$R_i = \frac{mg}{2(\cos\gamma + \mu \sin\gamma)};$ $N_i = R_i \frac{\sin\gamma + \mu \cos\gamma}{2(\cos\gamma + \mu \sin\gamma)};$ $W_i = 2N_i(\sin\gamma + \mu \cos\gamma);$ $i = 1, 2; j = 1, 2, 3, 4$	$\varepsilon_a = 0;$ $\varepsilon_b = 0;$ $\varepsilon_c = 0$
2		$R_i = \frac{mg}{2(\cos\gamma + \mu \cos\gamma) + \mu};$ $N_1 = \frac{R}{\mu}(\cos\gamma + \mu \sin\gamma);$ $N_{2,3} = \frac{2\mu + (1 + \mu^2)\sin 2\gamma}{4\mu(\sin\gamma + \mu \cos\gamma)^2};$ $W_{1,2} = N_1 - 2N_2(\sin\gamma + \mu \cos\gamma) + R(\sin\gamma + \mu \cos\gamma)$	$\varepsilon_a = 0;$ $\varepsilon_b = 0,5\delta_D;$ $\varepsilon_c = 0,5\delta_D / \sin\gamma$
3		$N_i = \frac{mg}{2\mu};$ $W_i = N_i; i = 1, 2$	$\varepsilon_a = 0,5\delta_D;$ $\varepsilon_b = 0;$ $\varepsilon_c = \delta_C$
4		$N_1 = \frac{mg}{\mu + (1 + \cos\gamma \sec\gamma)};$ $N_{2,3} = \frac{mg}{2\mu(1 + \sin\gamma)};$ $W_{1,2} = \frac{mg(1 - \sin\gamma)}{\mu(1 + \sin\gamma)};$	$\varepsilon_a = 0;$ $\varepsilon_b = 0,5\delta_D(1 / \sin\gamma - 1);$ $\varepsilon_c = 0,5\delta_D / \sin\gamma$
5		$R_1 = \frac{mg l}{L \cos\gamma};$ $R_1 = \frac{mg(L + l)}{L \cos\gamma};$ $W_i = \frac{mg \tan\gamma}{L}(L + 2l);$ $i = 1, 2$	<p>При пружному базуванні</p> $\varepsilon_a = 0; \varepsilon_b = 0; \alpha = 0$ <p>При жорсткому базуванні</p> $\varepsilon_a^{\max} = L_0 \tan\alpha; \varepsilon_b = 0;$ $\alpha = \arctg(0,5\delta_D / L)$

Позначення: N_i , R – зусилля нормальних реакцій від зусилля W_i затиску і сили тяжіння заготовки, Н; m – маса, кг; g – прискорення вільного падіння ($g = 9,8 \text{ м/с}^2$); 2γ – кут призми; μ – коефіцієнт тертя між губками захвату та деталлю; $\varepsilon_{a,b,c}$

– похибка базування в напрямі розмірів a, b, c ; $\delta_{D,c}$ – допуски на розміри D, c ; L_0 – довжина заготовки.

Вибір розрахункової схеми визначається умовами роботи маніпуляційного механізму. На практиці зазвичай зустрічається складне вантаження захватного пристрою, при якому має місце комбінація схем вантаження. Тому розрахунок повинен проводитися для критичного випадку навантажень.

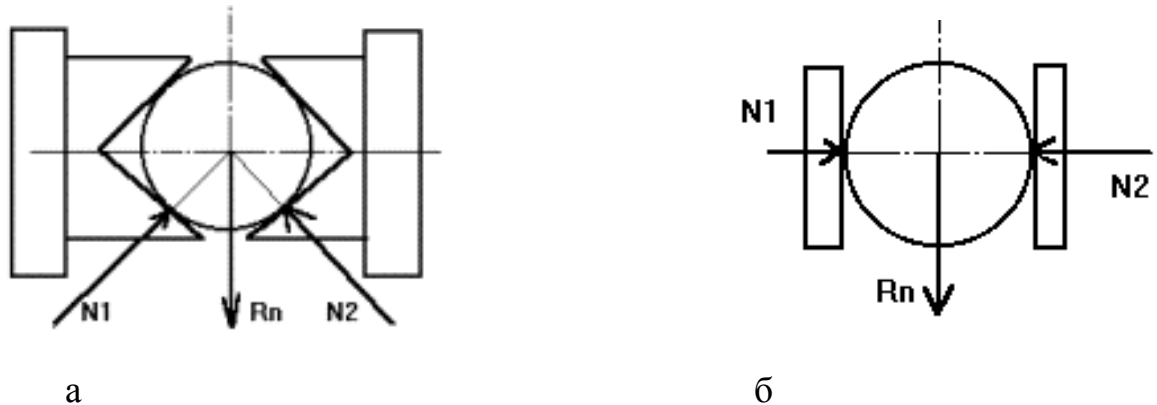


Рис. 2.2. Схеми утримання деталі

а – призматичними губками; б – плоскими губками

За розрахунковою схемою (рис. 2.2,а) можна скласти рівняння рівноваги сил і вирішити відносно N_1 і N_2 . В результаті отримаємо силу захоплення:

$$N_i = R_n \frac{\sin \varphi_i - \mu \cos \varphi_j}{\sin(\varphi_1 + \varphi_2) - 2\mu \cos(\varphi_1 + \varphi_2)} \quad (2.3)$$

де R_n - реакція на n -у пару губок захоплення; $i, j = 1, 2, i \neq j$; φ_i - кут між проекцією сили на площину і силою N_i ; μ - коефіцієнт тертя губки захоплення з деталлю.

В іншому випадку (рис. 2.2,б) зусилля визначається:

$$N_1 = N_2 = \frac{R_n}{2\mu} \quad (2.4)$$

Сила захоплення в губках тертя повністю залежить від сили утримання (рис. 2.3,а). Основною перевагою охоплюючих губок є зменшення сили утримання в 4 рази. Таким чином, неспроможність ковзання допомагає утримати

деталь на місці (рис. 2.3, б). У випадку з губками тертя коефіцієнт повинен бути від 2 до 25 [5].

Реакція на n-у пару губок R_n визначається залежно від взаємного розташування об'єкту маніпулювання і губок. На рис. 2.3, а показана розрахункова схема з двома парами губок і розташуванням центру тяжіння деталі між губками. Реакції парних губок рівні:

$$R_1 = \frac{l-c}{l} Q; R_2 = \frac{c}{l} Q, \quad (2.5)$$

де l - відстань між губками; c - зсув координати центру тяжіння щодо однієї з губок; Q - розрахункове навантаження. Якщо має місце рух із змінною швидкістю схвата з деталлю, то розрахункове зусилля Q , що впливає на губки захоплення, може бути записане у вигляді

$$Q = m(g \pm a \cos \theta) \quad (2.6)$$

де m - маса деталі; g - прискорення вільного падіння; a - прискорення при переміщенні схвату; θ - кут між вектором прискорення і вертикальною віссю.

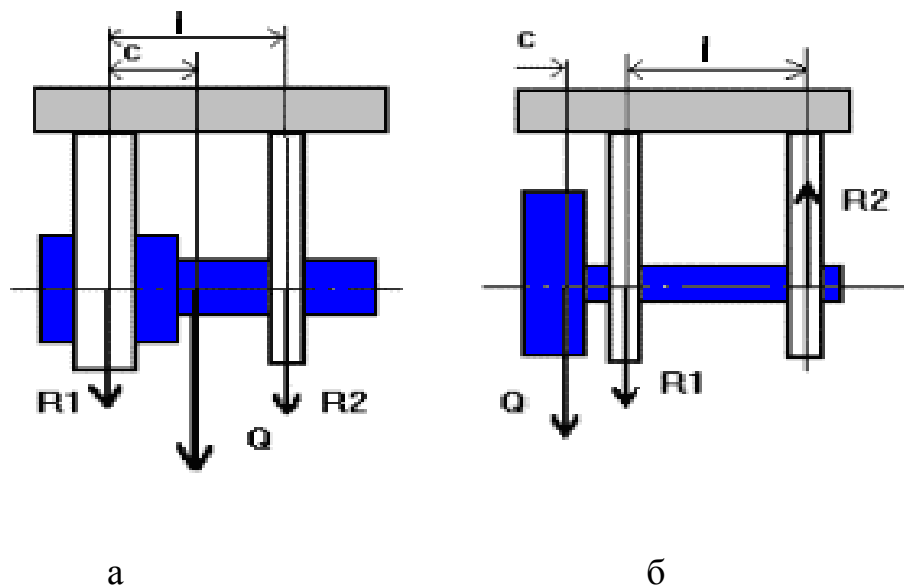


Рис. 2.3. Схема розташування заготовки в схваті

а – розташування центру тяжіння деталі між губками схвату; б – центр тяжіння деталі зміщений назовні

На схемі, приведений на рис. 2.3, б, центр тяжіння деталей щодо губок захоплення зміщений назовні. Тому реакції губок направлені в різні боки, тобто матимуть різні знаки:

$$R_1 = \frac{l+c}{l} Q, R_2 = -\frac{c}{l} Q. \quad (2.7)$$

Розрахунок необхідного зусилля приводу зводиться до знаходження сили P на штоку пневмо- або гідроциліндра по відомих силах притиснення на губках N_i або утримуючому моменту M_j .

Хоча сила захвату визначається в першу чергу, момент, який виникає в схваті, дорівнює критичному і, на жаль, зазвичай розглядається поверхнево. Результатом такої ситуації новообраний схват є більш дорогим і більший за розмірами ніж потрібен (рис. 2.4).

Існує дві причини виникнення моменту: від самого схвату та від прискорення та маси деталі, що утримується.

$$M = Ql + ma\ell \quad (2.8)$$

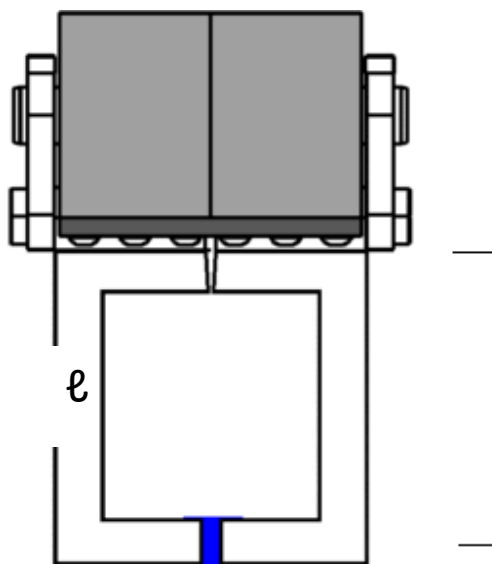


Рис. 2.4. Схват з довгими клешнями

Момент від самого схвату дорівнює силі затиску помноженої на довжину клешень, яка вимірюється від початку клешень до центру ваги деталі (рис. 2.4).

Момент від деталі дорівнює довжині клешень, помноженої на масу деталі та прискорення. При русі схвату «вниз-вгору» (рис. 2.5) до прискорення додається сила тяжіння, яка теж буде утворювати крутний момент.

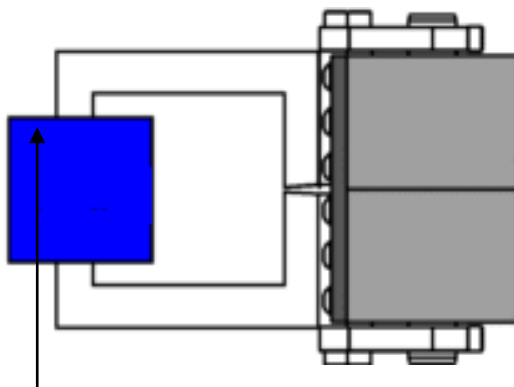


Рис. 2.5. Переміщення схвату «вниз-вгору»

Таким чином, загальний крутний момент:

$$M = Ql + ml(a + g) \quad (2.8)$$

2.3. Визначення необхідного зусилля захоплення, оптимальної компоновки схватів та умови не пошкодження поверхні.

Зусилля захоплювання. На кожний робочий елемент захватного пристрою в загальному випадку діють дві повні нормальні сили й сили тертя, які спрямовані протилежно зусиллям, що діють на об'єкт.

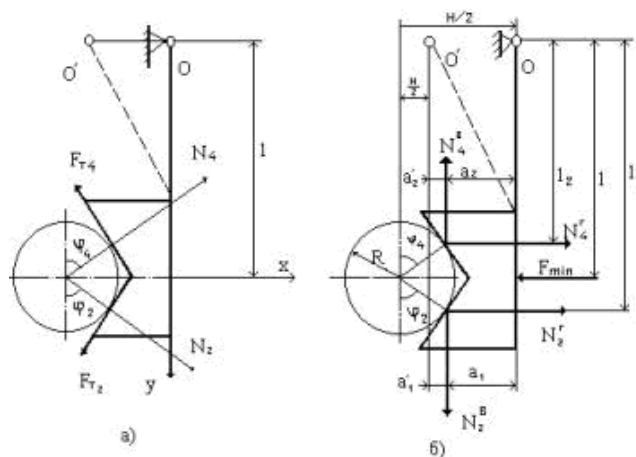


Рис. 2.6. Розрахункова схема визначення зусиль схвата

Проектуючи ці сили на напрямок, перпендикулярне до умовної прямолінійної поверхні робочого елемента (на вісь x) і паралельне цієї поверхні (на вісь y), одержимо чотири сили, що діють на робочий елемент захватного пристрою (рис. 2.3, б): [11]

$$N_{\Gamma_2} = N_2 \sin \varphi_2 - F_{T2} \cos \varphi_2;$$

$$N_{\Gamma_4} = N_4 \sin \varphi_4 - F_{T4} \cos \varphi_4; \quad (2.9)$$

$$N_{B_2} = N_2 \cos \varphi_2 + F_{T2} \sin \varphi_2;$$

$$N_{B_4} = N_4 \cos \varphi_4 - F_{T4} \sin \varphi_4.$$

Ці сили викликають поворот робочого елемента щодо точки O його обертання. Для зрівноважування робочого елемента прикладемо в його середині зусилля захоплювання F_{\min} (рис. 2.3, б) перпендикулярно умовної прямолінійної поверхні на відстані l від точки обертання. [11] Запишемо рівняння моментів щодо точки O :

$$N_{\Gamma_2} l_1 + N_{\Gamma_4} l_2 + N_{B_2} a_1 + N_{B_4} a_2 = F_{\min} l. \quad (2.10)$$

Звідки знайдемо силу захоплювання, яку необхідно прикласти для зрівноважування робочого елемента:

$$F_{\min} = \frac{N_2^2 l_1 + N_4^2 l_2 \pm N_2^2 a_1 \mp N_4^2 a_2}{l} \quad (2.11)$$

де l_1 і l_2 – плече дії сили N_{Γ_2} і N_{Γ_4} відповідно; $l_1 = R \cos \varphi_2$; $l_2 = l - R \cos \varphi_4$; знак плюс ставлять, якщо момент від вертикальної сили розкриває робочі елементи, знак мінус – якщо закриває; a_1 і a_2 – плече дії сили N_{B_2} і N_{B_4} відповідно;

$$\alpha_1 = \begin{cases} \frac{H}{2} - R \sin \varphi_2 & \text{— якщо ЗУ розкривається;} \\ R \sin \varphi_2 - \frac{H}{2} & \text{— якщо ЗУ закривається;} \end{cases}$$

$$\alpha_2 = \begin{cases} R \sin \varphi_4 - \frac{H}{2} & \text{— якщо ЗУ розкривається;} \\ \frac{H}{2} - R \sin \varphi_4 & \text{— якщо ЗУ закривається;} \end{cases} \quad (2.12)$$

де R - радіус об'єкта; H - відстань між осями обертання робочих елементів.

Отже, у загальному випадку при різному розташуванні осі обертання O або O' робочого елемента можна записати:

$$F_{\min} = \frac{M_2^F(l + R \cos \varphi_2) + M_1^F(l - R \cos \varphi_4) + M_2^F\left(\frac{H}{2} - R \sin \varphi_2\right) + M_4^F\left(R \sin \varphi_4 - \frac{H}{2}\right)}{l} \quad (2.13)$$

Сила F_{\min} є мінімально необхідною, котра потрібна для втримання об'єкта. [11] Для надійного закріплення об'єкта в робочих елементах необхідно прикласти зусилля захоплювання F більше мінімального F_{\min} , тобто

$$F = n F_{\min}, \quad (2.14)$$

де n – коефіцієнт запасу рівний $1,5 \dots 2 \dots 2,0$

Дія нормальних сил N_i і сил тертя F_{Ti} на робочий елемент можна умовно замінити однією еквівалентною силою N_{\min} , прикладеної в його центрі перпендикулярно умовної поверхні й утворюючої той же момент щодо точки O обертання, що й прикладені сили, і по величині рівної $N_{\min} = F_{\min}$ або з урахуванням коефіцієнта запасу $N = F$. [11]

Зусилля привода (сила $F_{\text{вх}}$ або момент $T_{\text{вх}}$) схвата визначають із умови рівності елементарних робіт, чинених приводом (вхідною ланкою передавального механізму схвата) і робітниками елементами, тобто

$$A_{\text{д}} = \frac{A_{\text{с}}}{\eta} \quad (2.15)$$

Звідки зусилля привода:

$$M_{\text{вх}} = \frac{KM_{\text{вых}}dL_{\text{вых}}}{dL_{\text{вх}}\eta} = \frac{KM_{\text{вых}}\Omega_{\text{вых}}}{\Omega_{\text{вх}}\eta} = \frac{KM_{\text{вых}}}{i\eta}, \quad (2.16)$$

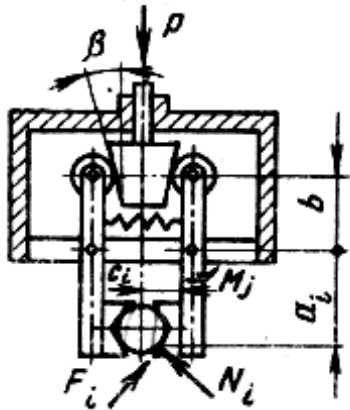
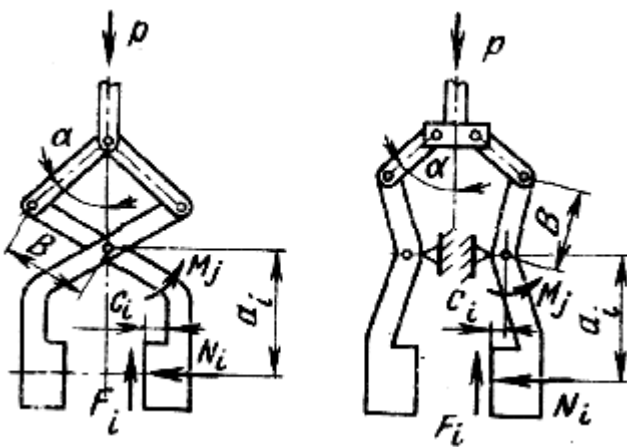
де $A_{\text{д}}$ – робота, чинена приводом (робота рушійних сил); $A_{\text{с}}$ – робота, чинена робочими елементами (робота сил опору); $dL_{\text{вх}}$ – елементарне переміщення (лінійне dh або кутове $d\phi$) вихідної ланки (робітника елемента); $\Omega_{\text{вх}}$ – швидкість (лінійної або кутова) вхідної ланки; $\Omega_{\text{вых}}$ – швидкість (лінійної або кутова) вихідної ланки; K – число робочих елементів; $M_{\text{вых}}$ – еквівалентний силовий фактор (сила N або момент T) на вихідній ланці (робітнику елементі); $M_{\text{вх}}$ – силовий фактор (сила $F_{\text{пр}}$ або момент $T_{\text{ін}}$) на вхідній ланці; η – коефіцієнт корисної дії передавального механізму, рівний 0,85...0,95. [11]

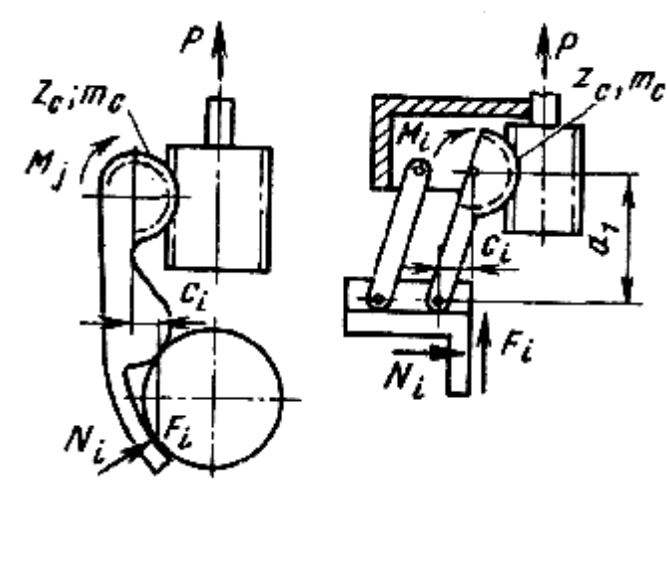
При перетворенні поступального руху привода в поступальний рух робочих елементів зусилля привода визначають по формулі:

$$F_{\text{пр}} = KN \frac{dh}{dl\eta} = KN \frac{v_{\text{вых}}}{v_{\text{вх}}\eta} = KN \frac{1}{i\eta}. \quad (2.17)$$

За табл. 2.4 для наведених схем передавальних механізмів можна розрахувати зусилля привода $F_{\text{пр}}$ через момент утримання губки схвату.

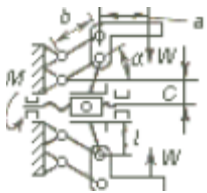
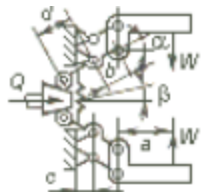
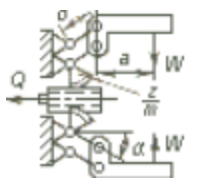
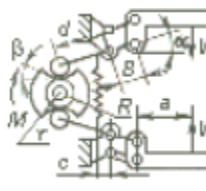
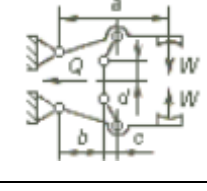
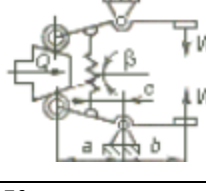
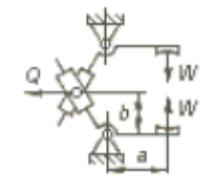
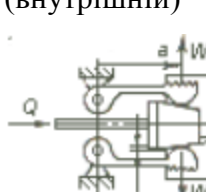
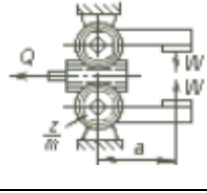
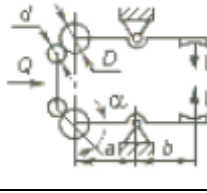
Таблиця 2.4. Формули для розрахунку зусиль приводу для основних груп захватних пристроїв

Схема	Формула для визначення сил P (Н)
<p>Клиновий механізм</p> 	<p>Загальний випадок</p> $P \geq \frac{\sum_{j=1}^m M_j \cdot \operatorname{tg}(\beta + \rho)}{b \cdot \eta_p};$ <p>для симетричних губок</p> $P \geq \frac{2 \cdot M_j \cdot \operatorname{tg}(\beta + \rho)}{b \cdot \eta_p};$ <p>$m = 2; \eta_p = 0.9; \beta = 4 \dots 8^\circ;$</p> <p>$\rho = 1^\circ 10'$ – при осях на підшипниках ковзання; $\rho = 3^\circ$ – при осях на підшипниках кочення;</p>
<p>Важільний механізм</p> 	<p>Загальний випадок</p> $P \geq \frac{\sum_{j=1}^m M_j \cdot \cos(\alpha)}{b \cdot \eta_p};$ <p>для симетричних губок</p> $P \geq \frac{2 \cdot M_j \cdot \cos(\alpha)}{b \cdot \eta_p}; \eta_p = 0.9 \dots 0.95$
Рейковий механізм	Загальний випадок

	$P \geq \frac{2 \cdot \sum_{j=1}^m M_j}{m_z \cdot z_c \cdot \eta_p};$ <p>для симетричних губок</p> $P \geq \frac{4 \cdot M_j}{m_z \cdot z_c \cdot \eta_p};$ $\eta_p = 0.94$
<p>Позначення. m – число губок схвату; M_j – утримуючий момент (Н м) для j-ї губки, $M_j = \sum_{i=1}^k N_i \cos \varphi_i [a_i \operatorname{tg} \varphi_i \pm c_i - \mu(a_i \pm c_i \operatorname{tg} \varphi_i)]$; N_i – сила контакту, яка визначається вище, Н; a_i, c_i – відстань від крапки повороту губки до i-ї крапки контакту, м; φ_i – кут контакту, °; μ – коефіцієнт тертя між губкою і заготовкою, $\mu = 0,14$; η_p – коефіцієнт корисної дії механізму; m_c – модуль сектора, м; z_c – повна кількість зубців сектора.</p>	

Необхідно розрахувати зусилля приводу захватного пристрою враховуючи мінімальне зусилля затиску і коефіцієнта запасу кінематичної схеми за табл 4.4. Ураховуючи допустимі габарити і вантажопідйомність захватного пристрою промислового робота, тип привода, конструкцію і необхідний рух губок (плоскопаралельний, обертальний), допустимі форми та габарити деталі, потрібно обрати тип передавального механізму. Наприклад, якщо плоскі та циліндричні деталі при широкому діапазоні типорозмірів то доцільно обирати з плоско-паралельним переміщенням затискних губок механізми. При вузькому діапазоні зазвичай використовують передавальні механізми з обертальним рухом затискних губок. Також можливе їх комбінування поєднанням зубчато-рейкового та шарнірного паралелограмів, гвинтового та кулісно-важільного тощо. [9]

Таблиця 4.5 Формули для розрахунку приводів для більш точних механізмів

Рух затискних губок	Широкодіапазонні ЗП		Вузькодіапазонні ЗП	
	Схема механізму	Формула для розрахунку зусилля привода	Схема механізму	Формула для розрахунку зусилля привода
Плоскопаралельний	Шатунно- гвинтовий 	$M = \frac{W(a + b \cos \alpha)}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} \times$ $\times \frac{l_{\text{ср}} \operatorname{tg} \varphi}{\eta b \sin(\arcsin \alpha - \beta)} K$ $d = \frac{C + B \sin \alpha}{a}$	Клино- важільний 	$Q = \frac{W(a + b \cos \alpha) + qc}{\eta d \cos \alpha}$ $\times K \operatorname{tg} \beta$
	Зубчато- рейковий 	$Q = \frac{4W(a + b \cos \alpha)}{mz\eta} K$	Важільно- кулачковий 	$M = \frac{W(a + b \cos \alpha) + qc}{\eta d \cos \alpha}$ $\times (R - r) K \operatorname{tg} \beta$
Кутовий	Шарнірно- важільний 	$Q = \frac{2WaC}{d(b + c)\eta} K$	Клино- важільний 	$Q = \frac{2(W + qc) \operatorname{tg} \beta}{a\eta} K$
	Кулісно- важільний 	$Q = \frac{2WaK}{b\eta}$	Клино- важільний (внутрішній) 	$Q = \frac{3WaK}{[b + (a / \operatorname{tg} \beta)] \eta}$
	Зубчато- рейковий 	$Q = \frac{4Wa}{mz\eta} K$	Важільно- роликовий 	$Q = \frac{2W \operatorname{ctg} \alpha}{a\eta} K$

Позначення: M – момент валу привода; W – зусилля затиску деталі; η – ККД відповідного механізму; K – коефіцієнт запису, яким ураховують втрати на тертя та вплив сил інерції при русі захвату ($K = 1,2-1,5$); φ – кут підйому нарізки; m – модуль зубчастої передачі; z – число зубів зубчастого колеса; q – зусилля пружини повороту губки.

Компонування схватів. Вибір компонувальних рішень для електромеханічних схватів здійснюють із урахуванням обмежень на габаритні розміри й на кінематику рухів робочих елементів. При цьому необхідно враховувати, що передача руху від електродвигуна до робочих елементів вимагає досить високої редукції й спеціальних мір для збереження зусилля захоплювання при його відключенні.

Для одержання більших передатних відносин можуть бути використані передавальні механізми: зубчасті, планетарні, хвильові, черв'ячні й інші. Однак при цьому значно ускладнюється конструкція схвата, збільшується його маса й знижується надійність. Застосування передач, що самогальмуються (черв'ячних, гвинтових і ін.) дозволяє одержати більші передатні відносини з невеликим ускладненням конструкції схвата й збільшенням його маси. При відключенні електродвигуна в таких схватах положення робочих елементів залишається фіксованим, зусилля захоплювання - необмежено. Несуча здатність схвата обмежена тільки умовами збереження міцності.

В завершенні необхідно розрахувати або вибрати параметри двигуна приводу захватного пристрою. Для електромеханічного приводу обчислюють потужність і крутний момент на валу електродвигуна за визначеним значенням необхідного зусилля.

Якщо використовуються захватний пристрій гідро- чи пневмоциліндричний то можливо обрати з каталогів приводів зусилля приводу і хід робочої ланки передавального механізму, але доцільніше виконати його розрахунок задля забезпечення щільності привода і конструкції кисті маніпулятора ЗП.

Якщо привод маніпулятора є гідравлічним, то доцільно використовувати гідропривод, який характеризується потужністю і масою двигуна. З меншою

питомою потужністю, але простою конструкцією і надійною експлуатацією можна використовувати пневмопривод, [11]

Зазвичай промислові роботи випускаємі серійно із одним або парою захватних пристроїв. Це не завжди достатньо для схоплення об'єктів різних форм і розмірів. Для вирішення цих питань виникає необхідність у конструюванні та виготовленні захватних пристроїв для промислових роботів, які обслуговують конкретні деталі.

У схватах без передач, що самогальмуються, для створення стабільного зусилля захоплення і його збереження доцільно ввести в кінематичний ланцюг між двигуном і робочими елементами пружні елементи або гальмові пристрої. [11]

Вибір електродвигуна схвата здійснюють по необхідній потужності, Вт:

$$P = \frac{KNv}{\eta} = \frac{KN\delta}{\eta t}, \quad (2.18)$$

де N – еквівалентна сила, що діє на один робітник елемент; K – число робочих елементів; v – швидкість переміщення робочих елементів; $v = \delta / t$; δ - хід робочого елемента:

$$\delta = \frac{W_{дв}t}{i}, \quad (2.19)$$

де t – час переміщення робочих елементів; $W_{дв}$ – кутова швидкість двигуна; $i = W_{дв} / v$ - передавальне відношення привода схвата; η - КПД схвата.

Компонування пневматичних схватів є більш простим, тому що відсутні складні перетворювачі руху. [11] Вибір пневмоциліндра здійснюють по зусиллю на його штоку:

$$F_{\Pi} = \frac{KN}{i\eta} \quad (2.20)$$

Хід циліндра знаходять із умови: $h = \delta / i$. Швидкість поршня: $v_{\Pi} = v i$.

Динамічні зусилля виникають у момент захоплювання робочими елементами об'єкта. Вони можуть значно перевищувати статичні зусилля й приводити до ушкодження поверхні об'єкта, його деформуванню й руйнуванню. [11]

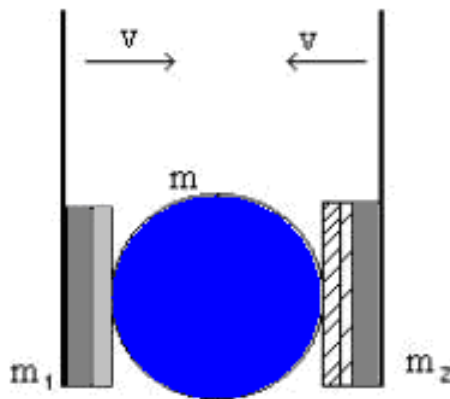


Рис. 2.7. Схема захопата об'єкта плоскими губками

На рис. 2.7 зображений момент захоплювання пружного об'єкта масою m пружними робочими елементами, маса m_1 кожного дорівнює половині наведеної до робочих елементів маси $m_{\text{пр}}$ механізму схвата, тобто $m_1 = 0,5m_{\text{пр}}$. [11]

Динамічну силу $N_{\text{д}}$ у момент захоплювання можна визначити по формулі:

$$N_{\text{д}} = C\Delta = \frac{v^2 m_1}{\Delta} = \frac{\delta^2 m_1}{t^2 \Delta}, \quad (2.21)$$

де C - еквівалентна твердість об'єкта й робочих елементів:

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}, \quad (2.22)$$

де C_1 – твердість накладок робочого елемента; C_2 – твердість об'єкта; Δ - спільна деформація об'єкта й робочого елемента; v - швидкість робочого елемента в момент торкання; δ - хід робочого елемента; t - час переміщення робочого елемента. [11]

Якщо захоплюваний об'єкт спочатку розташований на різних відстанях від робочих елементів, то захоплюванню передують удар робочих елементів окремо. Динамічні зусилля в цьому випадку виявляються меншими, чим у попередньому випадку. [11]

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

В цьому розділі було розглянуто етапи конструктивного розроблення пристрою захвату, а також як вони розраховуються.

✓ Також були освітлені основні типи ЗП в аспекті їх використання для завантаження верстатів.

✓ Для ПР, обслуговуючих металообробні верстати, найбільш зручні затискні механічні ЗП.

✓ При конструюванні губок потрібно враховувати, що на них діють значні нормальні зусилля і сили інерції, які зрушують губки зі свого місця. Але насамперед губки повинні забезпечувати найбільшу силу тертя, що дозволяє зменшити розміри елементів схвату. Враховуючи це було обрано матеріали для їх виготовлення.

✓ Для запобігання пошкоджень відповідальних поверхонь деталей необхідно було виконувати розрахунок за дотичними напругами.

✓ Розглянули як визначають мінімальне зусилля затиску, необхідне для затримування об'єкту в захваті.

✓ Виявили як розраховується зусилля приводу захватного пристрою враховуючи мінімальне зусилля затиску і коефіцієнта запасу кінематичної схеми

Пневматичні приводи захватних пристроїв використовують в основному при малих і середніх масах деталей, тому для розрахунку було обрано саме їх.

РОЗДІЛ 3

Розробка елементів САПР для синтезу конструкцій захватних пристроїв

3.1 Автоматизоване проектування в машинобудуванні.

Машинобудівне проектування стало однією з основних прикладних областей, що використовують можливості машинної графіки. Практично всі трудомісткі ручні операції проектувальника: створення основних видів деталі, складального креслення, ізометрії, перетинів - виконуються з високої ефективністю автоматизованими комп'ютерними системами [20]. На споживчому ринку широке поширення одержали комерційні програмні продукти й системи, такі як Autocad, Syscad, Verscad, Robocad, P-Cad, Conception 3D [21], які можуть бути використані для автоматизації конструювання й технологічної підготовки виробництва машинобудівних деталей. Спеціалізовані системи складаються з декількох програмних модулів.

Модуль параметричного конструювання дозволяє використати техніку завдання параметрів проектованого виробу, формувати каталоги уніфікованих стандартних і нормованих деталей. При формуванні таких каталогів конструктор може використати різні прийоми завдання параметрів виробу у явному або неявному виді. Звичайно передбачається можливість формувати таблиці параметрів конструйованих деталей. При цьому вибір відповідної деталі забезпечується вибором необхідного рядка сформованої таблиці. Модуль параметричного конструювання дозволяє забезпечувати параметризацію не тільки двомірних зображень, але й моделей виробів у тривимірному просторі. [8]

Одержують усе більше широке поширення трансп'ютерні системи машинобудівного проектування в конфігурації: будь-який персональний комп'ютер плюс трансп'ютерний продукт. Комп'ютер використовується тільки в якості інтерфейсу, тому його швидкодія зовсім не критична для забезпечення процесу проектування. Як в інших прикладних областях, так і в машинобудівному проектуванні бажана миттєвість побудови зображення. Реальний масштаб часу може бути досягнутий тільки при використанні дорогої

апаратури, тому в практиці часто застосовується двоступінчастий процес проектування - відображення. На першому етапі конструктор оперує об'ємними примітивами, які відображаються не в природному напівтоновому виді, а у формі дротової моделі. Тому що навіть найпростіший персональний комп'ютер швидко зображує дротові фігури, та процес конструювання відбувається без затримок. На будь-якому проміжному або закінченому етапі проектування об'єкт, відображуваний дротовими примітивами, може бути переведений у нормальну напівтонову форму з перетинами, в ізометрії, з розгорненням і іншими ефектами. Цей другий щабель процесу займає значно більше часу, чим перша, але породжує більш якісне зображення. У такий спосіб досягається у цілому висока ефективність процесу конструювання.

3.2 Перевірка працездатності програми та анотація програмного забезпечення

Формулювання задачі

Основною задачею стала розробка програмного забезпечення, що дозволяє проводити розрахунки характеристик різних за кінематичною схемою механічних захоплень ПР. в число характеристик яких входять: габарити захватного пристрою, зусилля затиску і нормальних реакцій поверхні деталі, контактна напруга між губками захоплення і поверхнею об'єкта маніпулювання, а також параметри двигуна для приводу ЗП. Програма має надавати зручний інтерфейс для введення всіх вихідних даних, які докладніше будуть розглянуті в описі методики розрахунків. Інтерфейс модуля САПР повинен бути інтуїтивно зрозумілий користувачеві.

Коротка анотація програмного забезпечення

Це програмне забезпечення (ПЗ) під назвою GriSyn розроблено на мові C# в середовищі розробки Microsoft Visual Studio 2019. ПО може працювати під операційними системами Windows XP, Windows 7, 10, на базі програмної платформи NET Framework. Також при створенні ПЗ була застосована стандартна бібліотека Windows Forms для створення візуального інтерфейсу. Логіка розрахунків відокремлена від логіки інтерфейсу таким чином, що може

бути використана в інших додатках з можливістю розширення. Розроблений модуль САПР орієнтований на користувацьку аудиторію конструкторів та інших зацікавлених інженерів.

Опис віконного інтерфейсу

Інтерфейс програмного забезпечення організований таким чином, що користувачеві пропонується покрокове виконання необхідних дій. Мова інтерфейсу – українська. Користувач може переміщатися по вкладках таким чином, що для переходу на кожну наступну йому необхідно виконати всі дії, пропоновані на попередній вкладці. Користувач може безперешкодно перемикатися на вкладки, які передують поточній, що дозволяє змінювати параметри, введені раніше.

На першій вкладці (рис. 3.1 – 3.5) пропонується обрати один з п'яти типів деталі. На цій вкладці присутні ілюстрації типів деталей. У залежності від того який тип деталі чи заготовки (диск, вал, плоскі деталі, корпуси/картери, асиметричні) обрав користувач на другій вкладці програма обирає типи захватних пристроїв, які призначені для схоплення таких об'єктів.

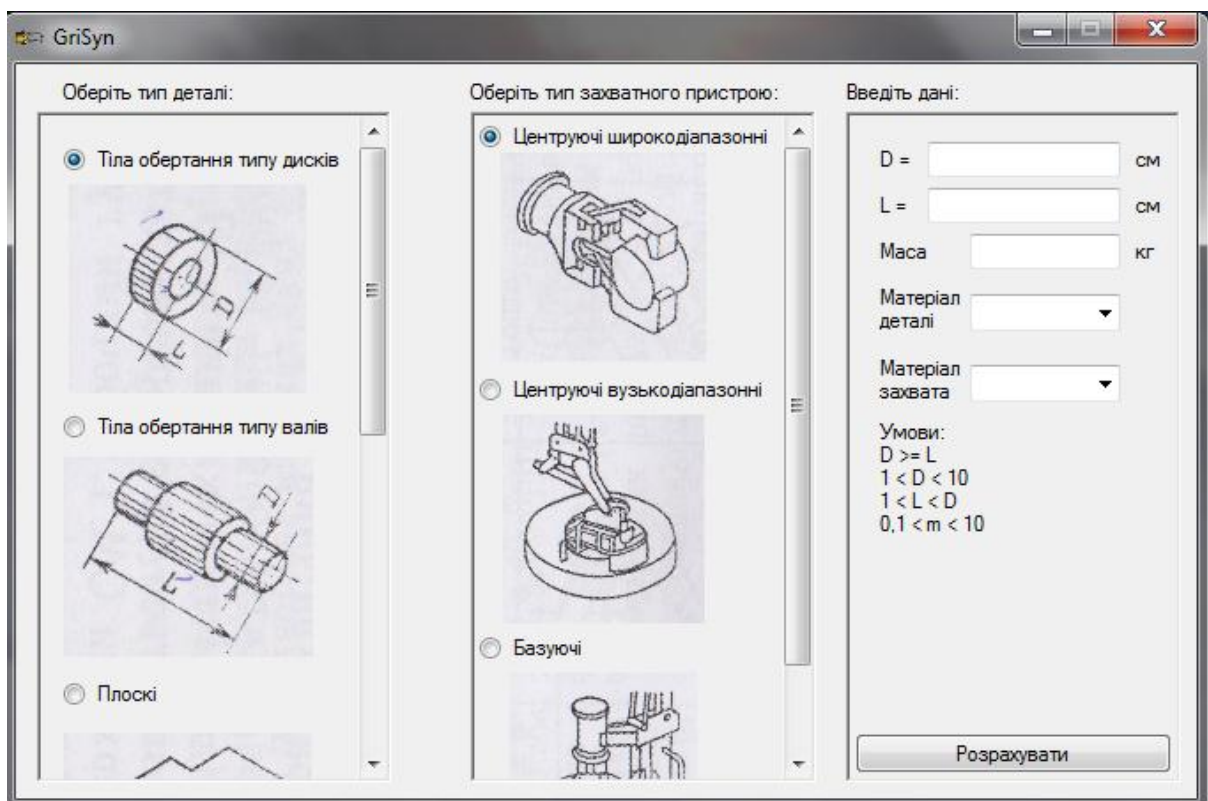


Рис. 3.1

Далі користувач може перейти на наступну вкладку і обирає відповідний тип ЗП, з представлених програмою для вибору, який його влаштовує по всім параметрам. В попередньому розділі було докладне пояснення як обирати тип захватного пристрою. На цій вкладці також присутні ілюстрації типів ЗП для полегшення вибору.

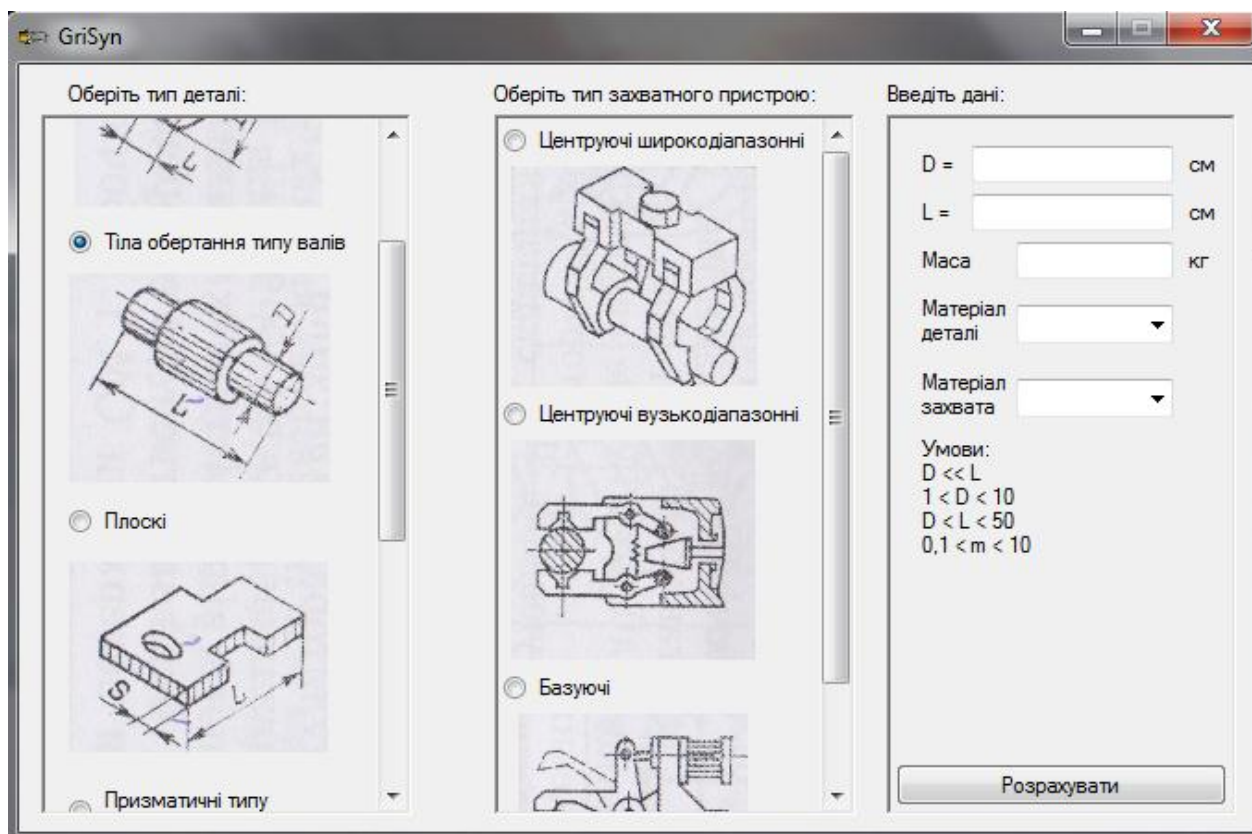


Рис. 3.2

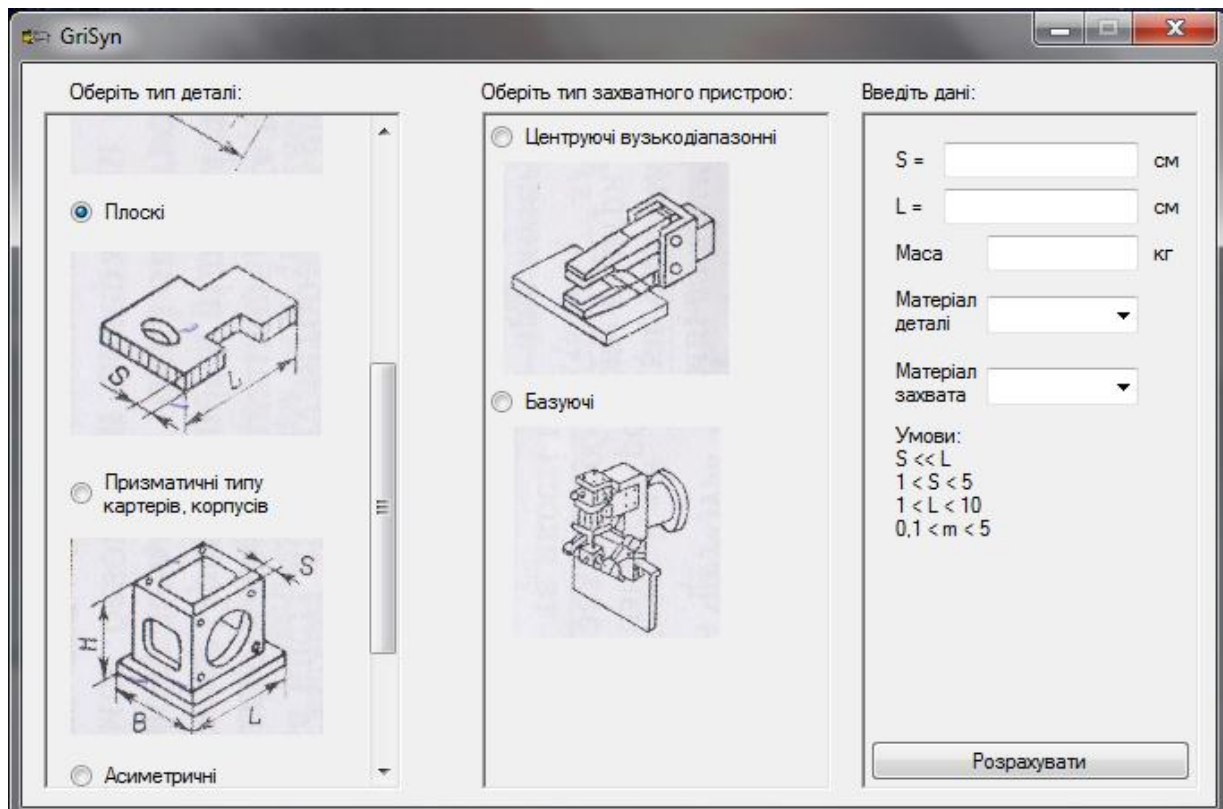


Рис. 3.3

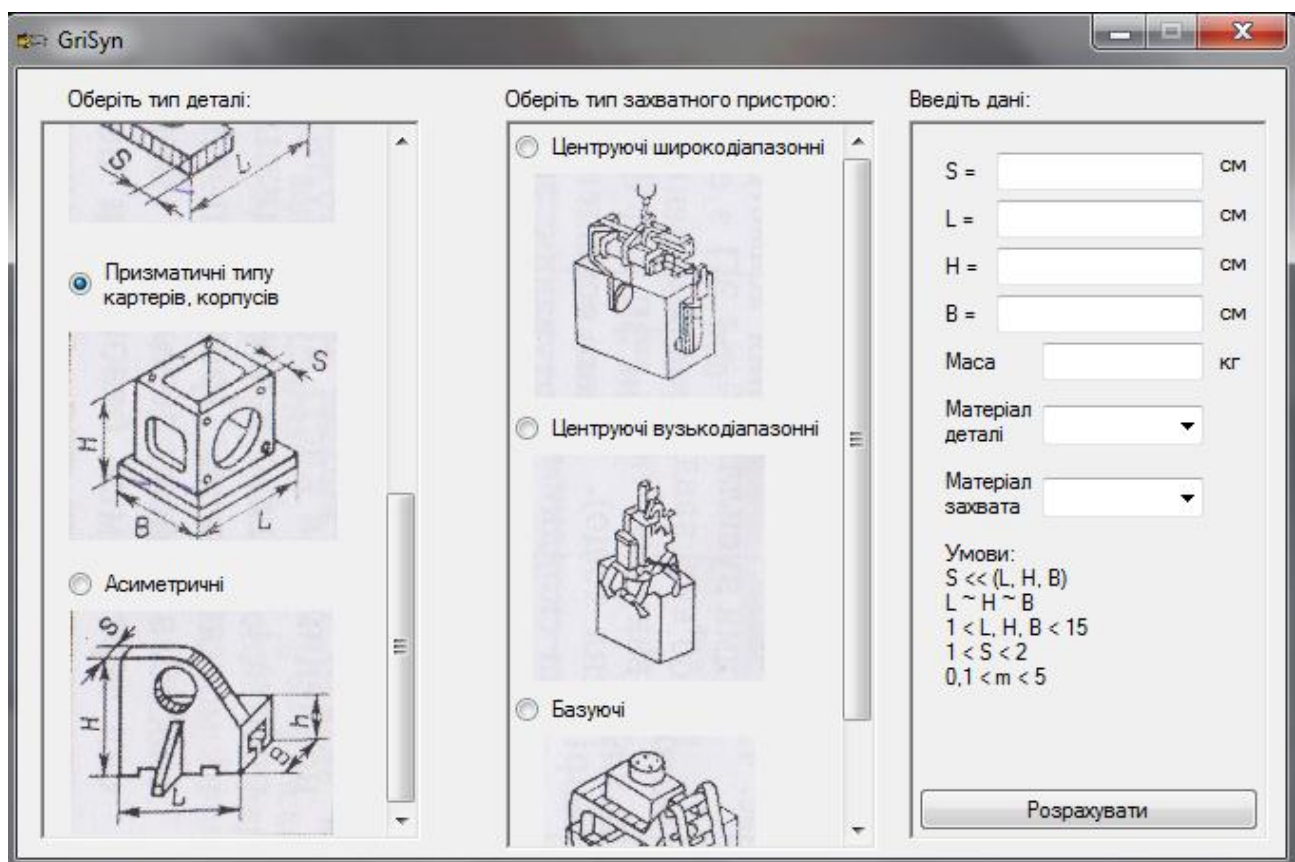


Рис.3.4

GriSyn

Оберіть тип деталі:

☐ Призматичні типу картерів, корпусів

☒ Асиметричні

Оберіть тип захватного пристрою:

☒ Базуючі

Введіть дані:

S = см

L = см

H = см

B = см

h = см

Маса кг

Матеріал деталі

Матеріал захвата

Умови:
 $S \ll (L, H, B)$
 $h < H$
 $1 < L, H, B < 15$
 $1 < S < 10$
 $1 < h < 7$
 $0,1 < m < 5$

Розрахувати

Рис. 3.5

Обравши потрібний тип захватного пристрою користувач має можливість перейти на наступну вкладку, де йому пропонується вказати всі необхідні для розрахунків параметри. Вхідними параметрами є габарити деталі, маса, матеріал деталі та матеріал затискних губок.

Необхідні параметри габаритів деталі змінюються в залежності від типу деталі. Вони вводяться у відповідний осередок. Тип деталі та тип ЗП у попередніх вкладках залишаються активними і є можливість у будь який час змінювати свій вибір. На ілюстраціях позначені виносні розмірні лінії з літерами, що полегшує заповнення вхідних даних.

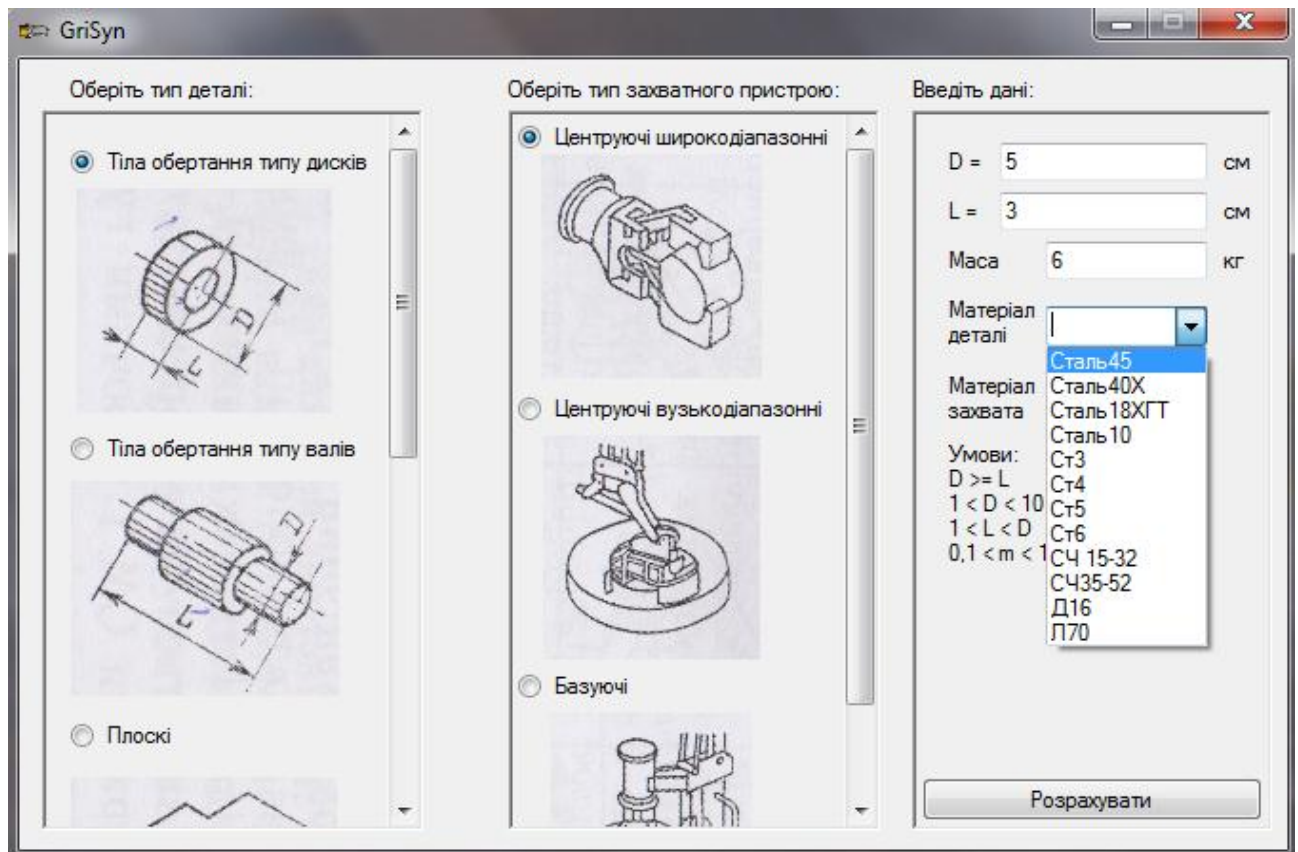


Рис. 3.6

Матеріали деталі можна обрати зі списку, натиснувши на стрілку справа комірки. У випадковому списку є вибір зі сталей, що часто використовуються в машинобудуванні, а саме: Сталь 45, Сталь 40Х, Сталь18ХГТ, Сталь 10, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6, алюмінію Д16, чавуну СЧ 15-32, СЧ 35-52 та латуні Л70. Так само користувач обирає матеріал захватних губок. Губки найчастіше виготовляють зі сталей марки 65Г, 60С2, У8А, У10А (рис. 3.6, рис. 3.7).

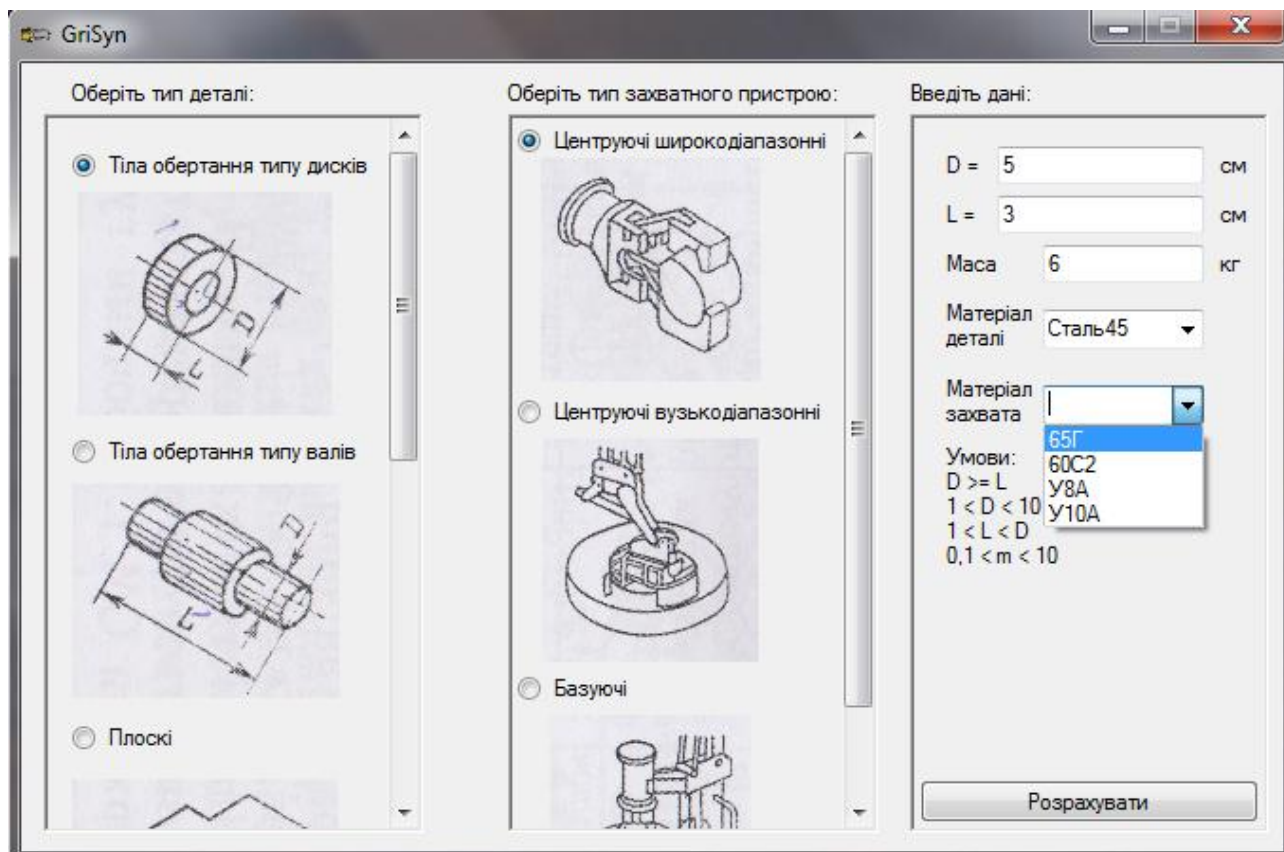


Рис. 3.7

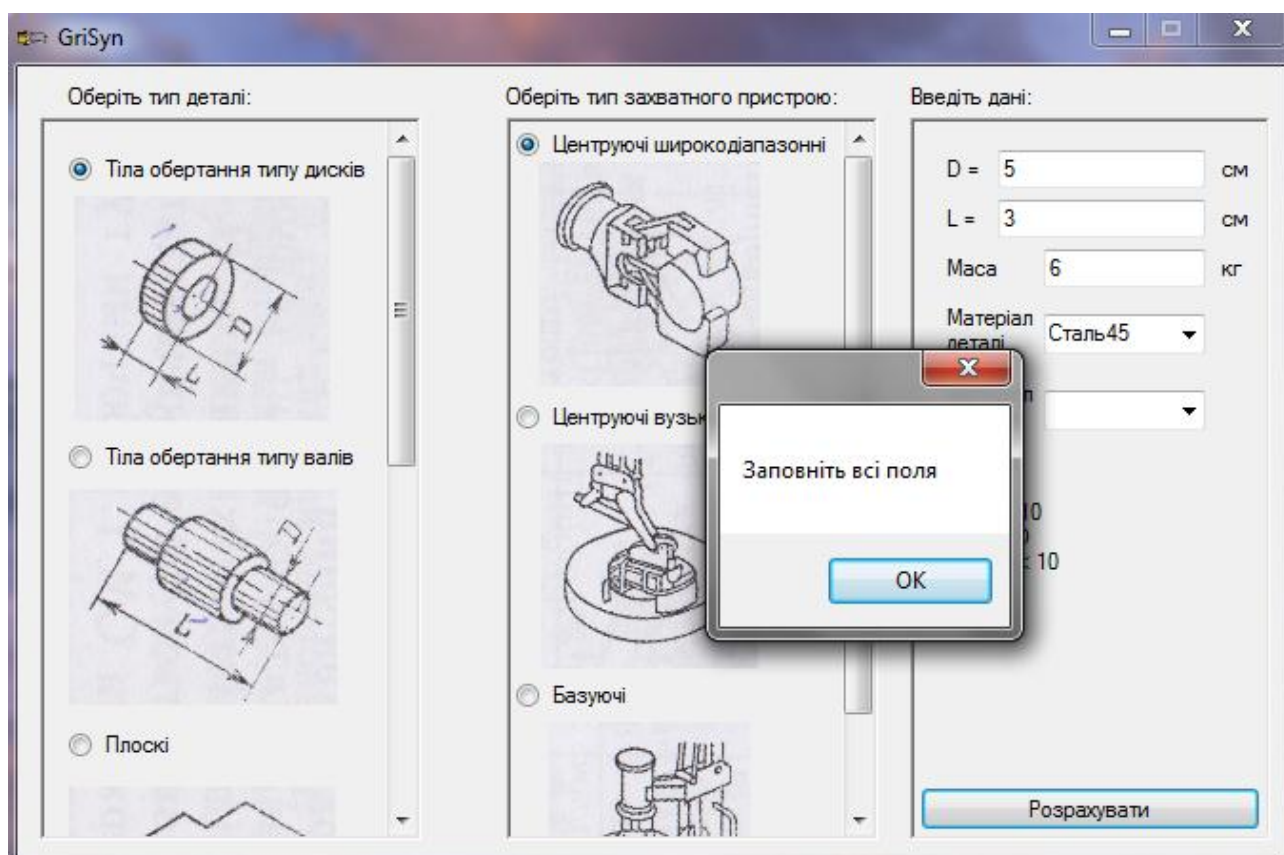


Рис. 3.8

Якщо всі поля не заповнені, програма не дає можливості розрахунку.

Також під параметрами вхідних даних освітлені умови, які для кожного типу деталі різні.

На прикладі типу деталі дисків користувач не виконав умови $D \geq L$ (рис. 3.9).

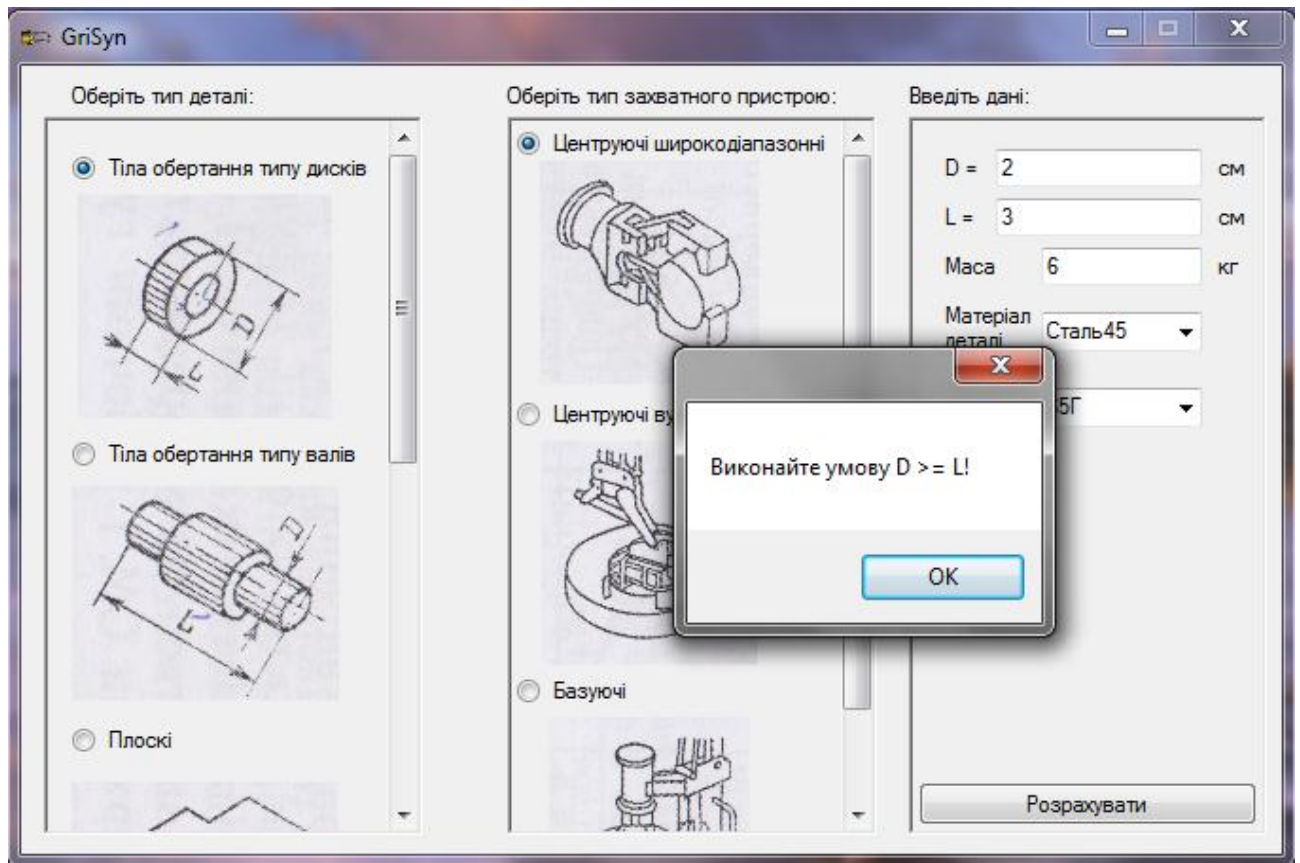


Рис. 3.9

На прикладі (рис. 3.10) користувач не дотримується умови обмежень у габаритах деталі.

Для подальшої роботи необхідно придержуватися заданих умов.

Якщо всі вхідні дані введені в програму вірно, то з'являється нове вікно з результатом обчислень та ескізом розрахункової схеми механізму захвату (рис. 3.11).

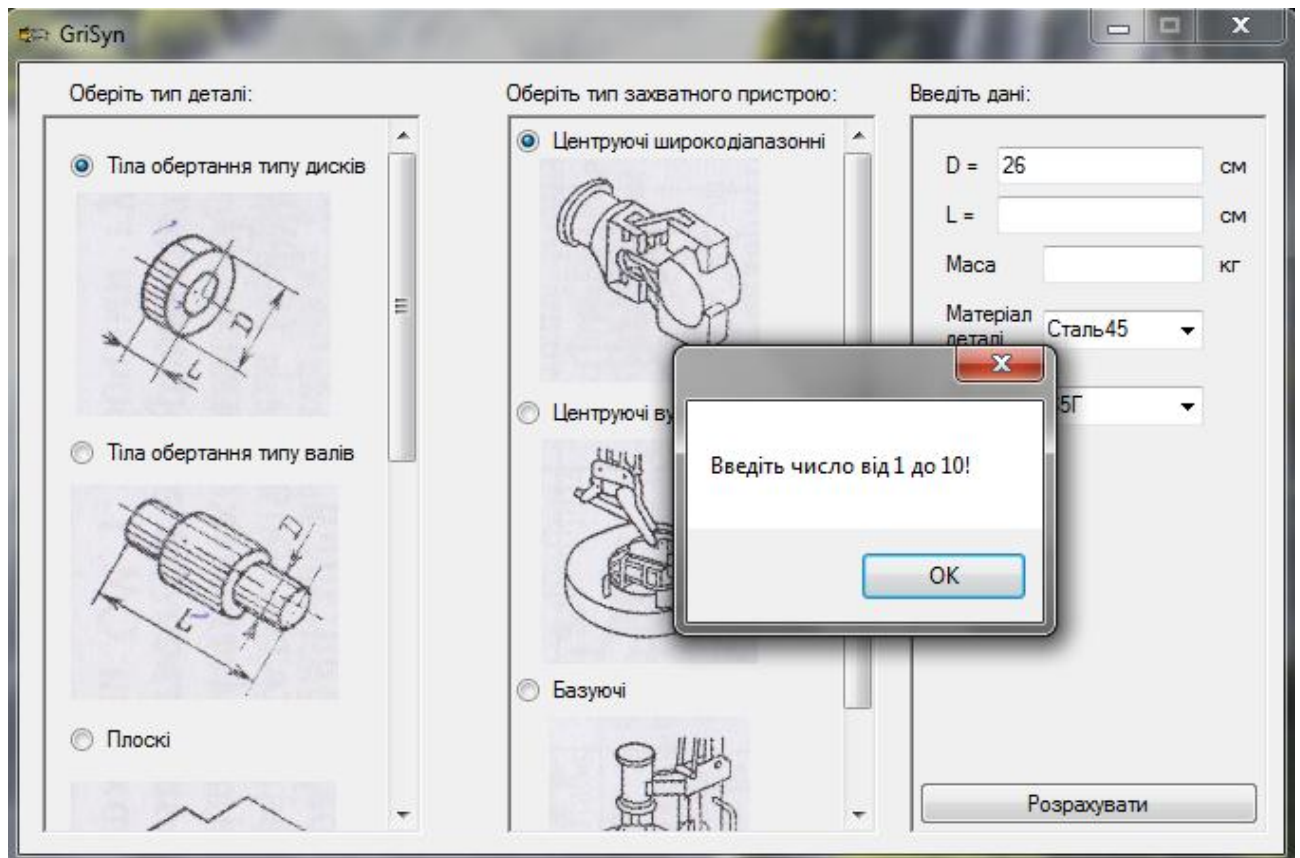


Рис. 3.10

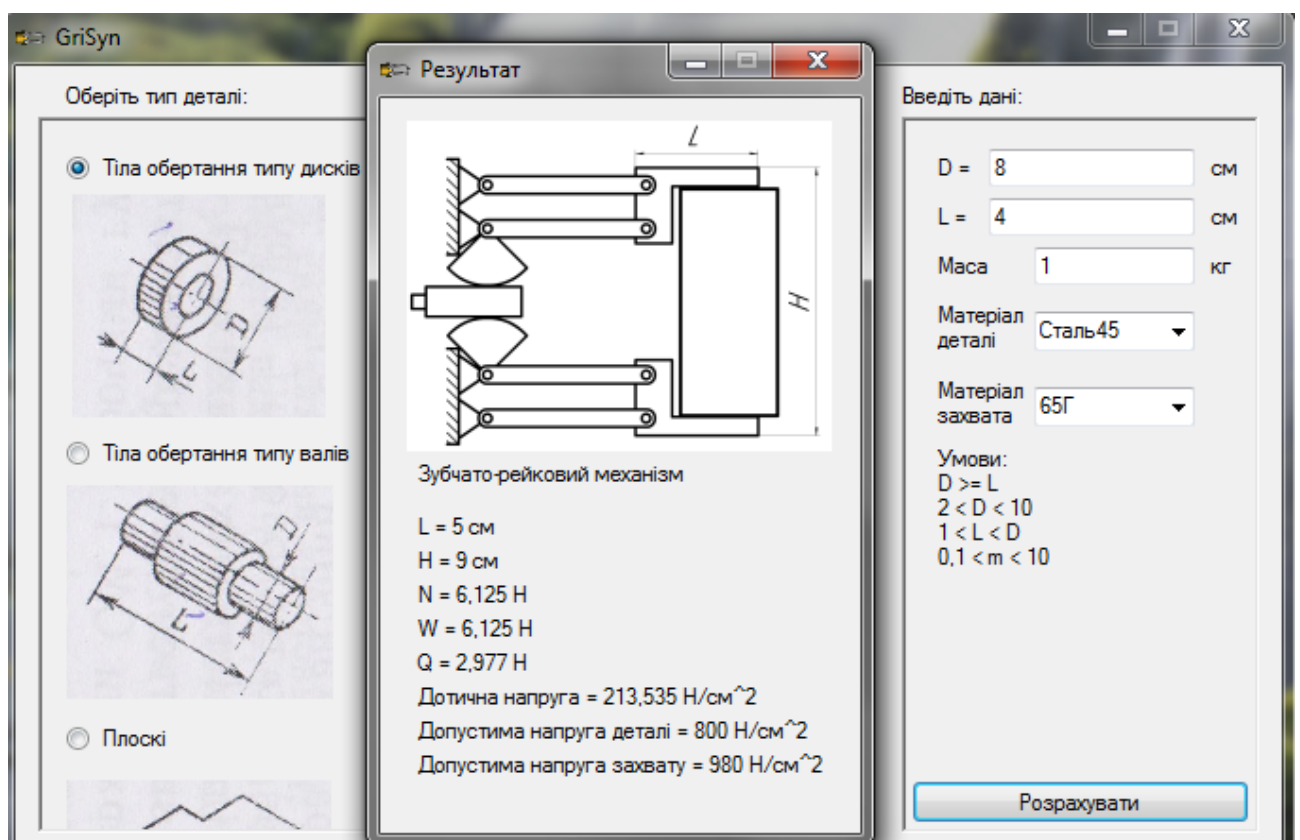


Рис. 3.11

Виконують розрахунок дотичних напруг для уникнення пошкоджень відповідальних поверхонь об'єктів. Значення напруг у місцях дотику деталі із губками не повинне перевищувати допустиме для обраного матеріалу деталі. Для зменшення діючої напруги змінюють матеріал губок захватних пристроїв, збільшують габарити губок або змінюють тип захватного пристрою. Тому, якщо виникає така ситуація, то з'являється вікно програми «Дотична напруга перевищує допустимі значення» і розрахунок неможливий (рис. 3.12).

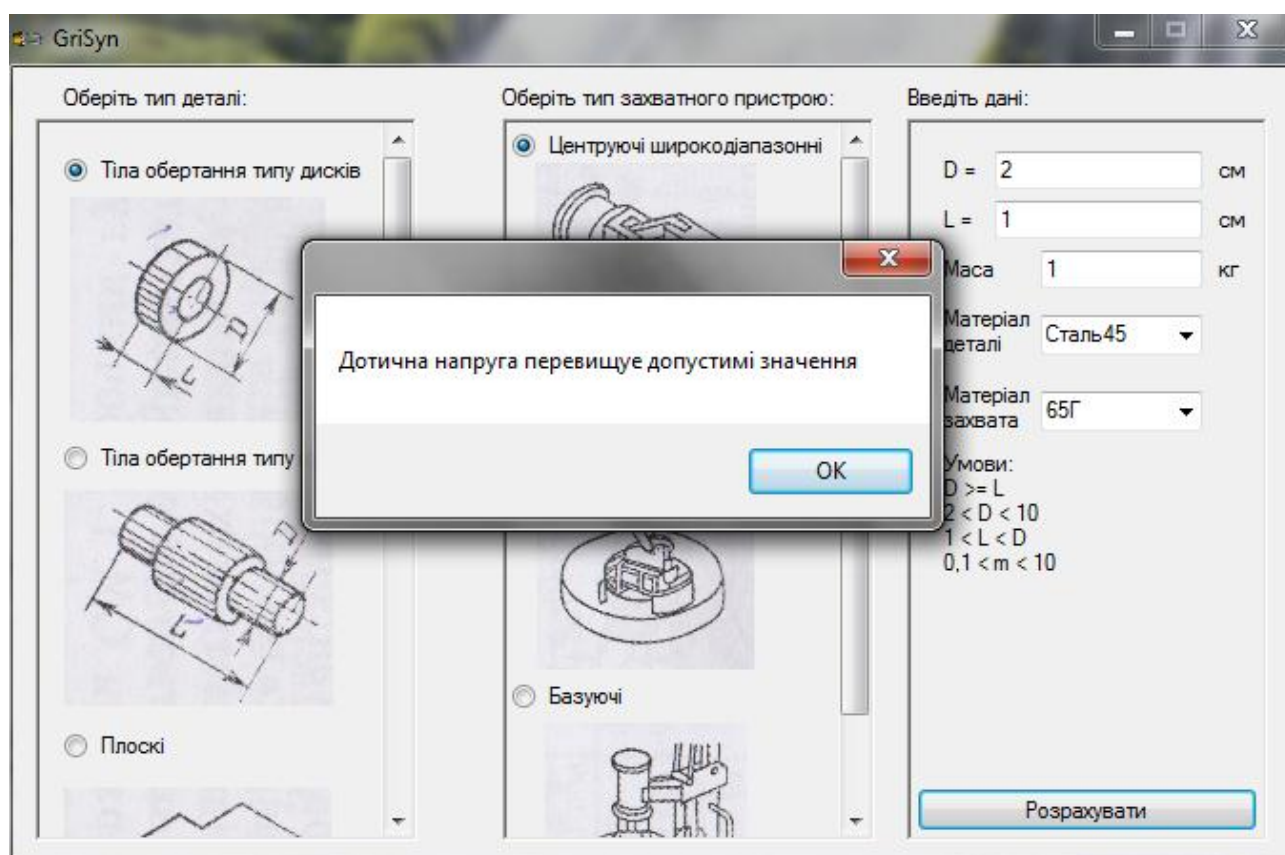


Рис. 3.12

На прикладі типу плоских деталей також зазначені умови та обмеження у вхідних даних (рис. 3.13). Це обумовлено номінальною вантажопідйомністю та типорозмірами захватних пристроїв. На жаль для розрахунку вантажопідйомності транспортних роботів необхідно мати масу захвату, яку ми можемо знайти лише побудувавши 3D модель. Результатом даної програми є ескіз розрахованого ЗП (рис. 3.14)

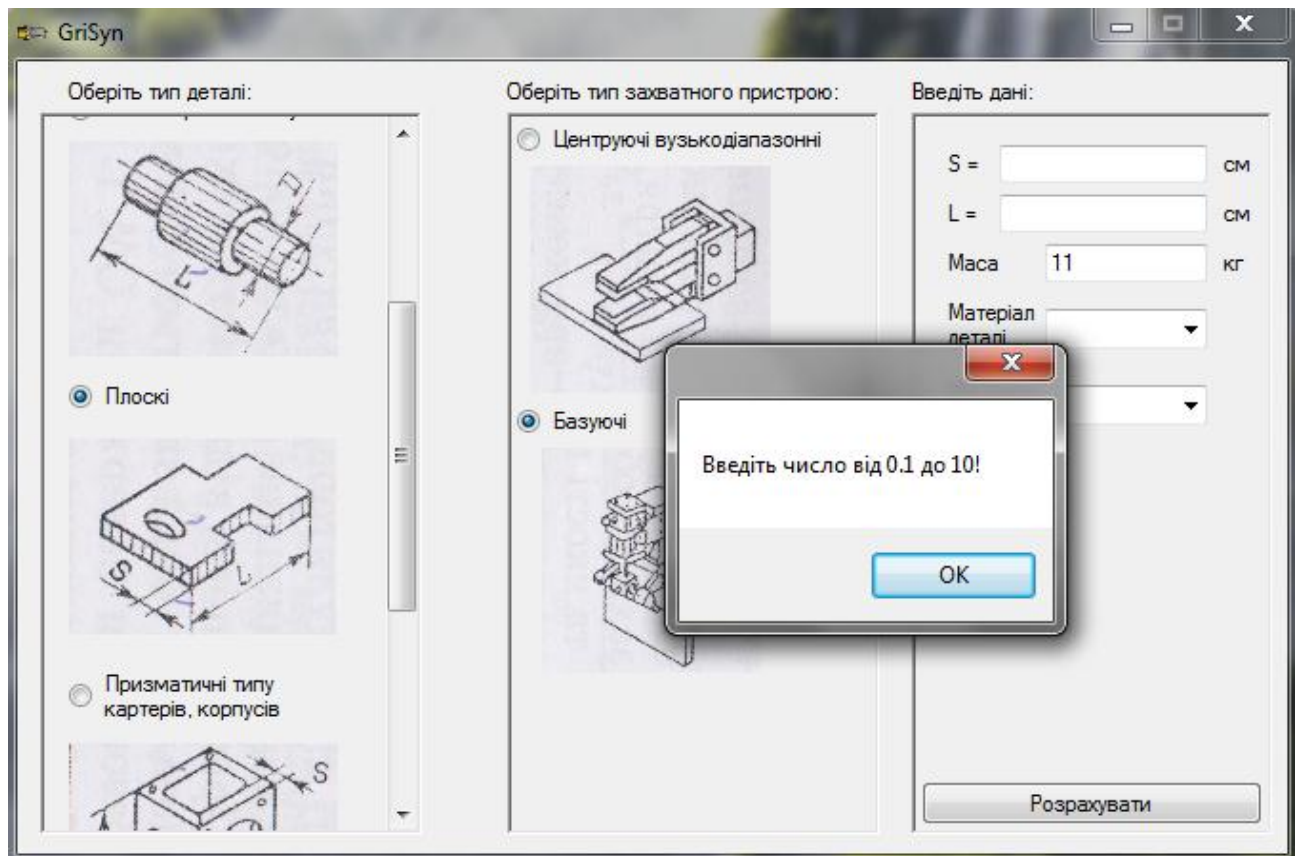


Рис. 3.13

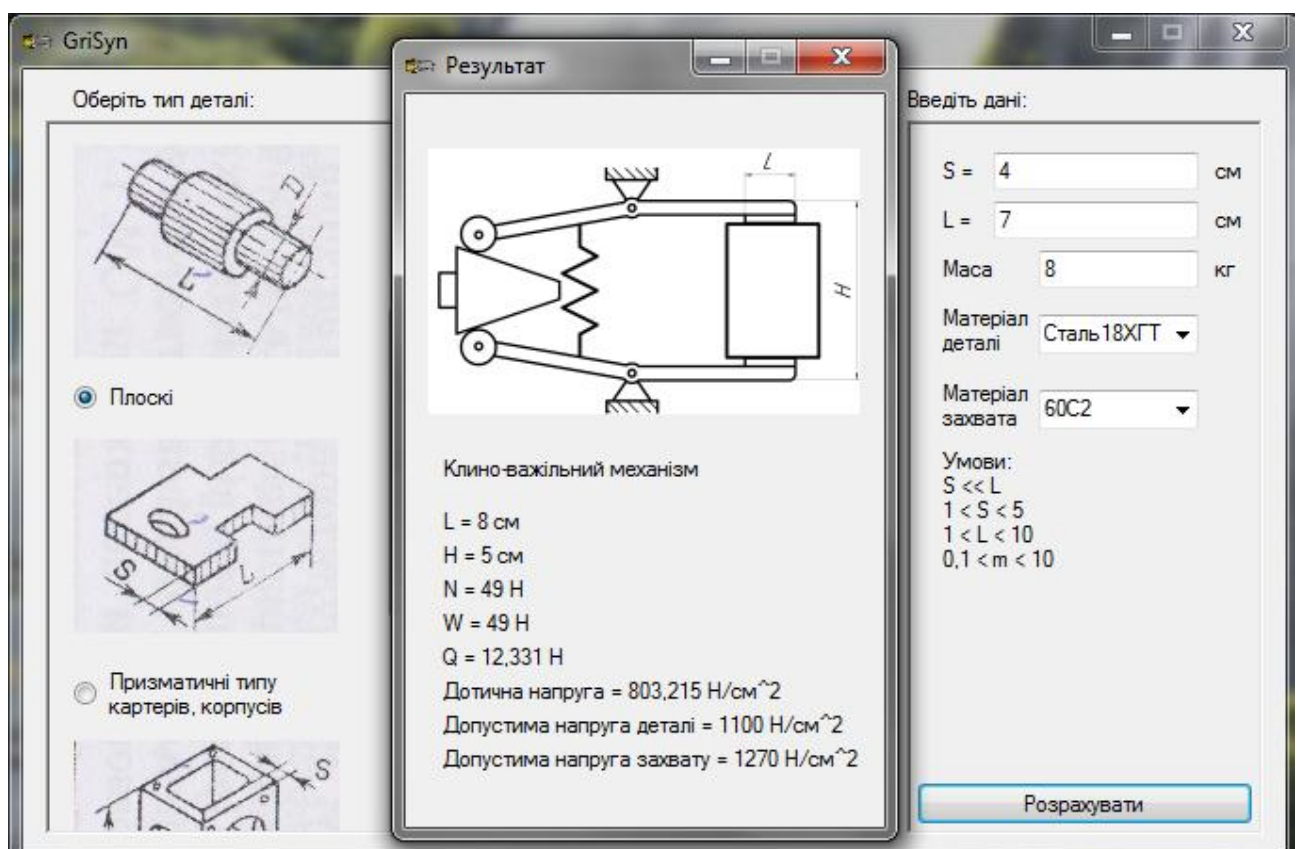


Рис. 3.14

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

Розроблене програмне забезпечення «GriSyn» повністю вирішує проблему потреби швидкого конструювання раціональних схватів, спрощення проектування і візуалізації автоматизованого розрахунку.

✓ Виконана адаптація методики розрахунку параметрів механічних захватних пристроїв промислових роботів для автоматизованого розрахунку.

✓ Розроблено програмне забезпечення модуля САПР для САЕ-системи технологічного оснащення роботів.

✓ Розроблений модуль САПР механічних захоплень який дозволить істотно підвищити продуктивність праці інженерів-конструкторів та технологічного оснащення промислових роботів.

Основними перевагами розробленого програмного забезпечення «GriSyn» є простота використання програми, максимально зрозумілий та простий інтерфейс, широкий спектр можливостей розрахунку захватних пристроїв та можливість користування програмою навіть на старих та недосконалих гаджетах, що дозволяє в повній мірі використовувати програму та результати розрахунків отримані в «GriSyn» безпосередньо біля об'єкту розрахунку. Вважаючи на всі переваги програмного забезпечення «GriSyn» можна зробити висновки, що користування програмою значно пришвидшує роботу інженера.